<366197392800016

Bayer. Staatsbibliothek

F, 0

m

Mathem. O. 221.
optic. Lyssen.
p. 557. i R

Spengler

Optick

Catoptrick und Dioptrick

in

Zween Theilen.

Der erste

Enthält die allgemeinen Grundsätze dieser Wissenschaften:

Der Andere

Giebt hinreichenden Unterricht von der Verfertigung, dem Gebrauche und den Vortheilen fast aller optischen Instrumente;

Als der einfachen und zusammengesetzten Mikroscope, des Sonnenmikroscops, der holländischen, astronomischen und gemeinen Fernrohren, der dollondischen Fernrohren, der gregorianischen und neutonianischen Telescope ꝛc.

und einer

Neuen Optischen Universalmaschine.

Geschrieben

von

Joseph Spengler,

öffentlichen Lehrer der Mathematick auf der hohen Schule zu Dillingen.

AUGSBURG

In Verlag bey Matthäus Rieger und Söhnen.

1775.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Dem Hochwürdigsten, Durchleuchtigsten

Fürsten

und

HERRN, HERRN

CLEMENS WENCESLAUS

Erzbischof

zu Trier,

des H. R. Reichs durch Gallien und das Königreich Arelat

Erzkanzler

und

Churfürsten,

Bischof

zu Augsburg,

ADMINISTRATOR

der gefürsteten Abtey zu Prüm,

COADIUTOR

des fürstlichen Stifts Ellwang,

Königlichen Prinzen

in Pohlen und Lithauen,

Herzoge

zu Sachsen, Jülich, Cleve, Berg, Engern und Westphalen,
Landgrafen zu Meißen, auch der Ober- und Nieder-
Lausnitz, gefürsteten Grafen zu Henneberg,
Grafen zu der Mark, Ravensperg,
Barby und Hanau, Herrn zu
Ravenstein
ꝛc. ꝛc.

Staats-
Landesbibliothek
Augsburg

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Hochwürdigster Erzbischof
Durchleuchtigster
Churfürst
Gnädigster
HERR, HERR!

Euer Churfürstl. Durchleucht
Landsväterliche Sorge und höchst
brennender Eyfer Ihre Staaten durch

den

den Aufnahm aller Wissenschaften insgemein und der mathematischen insbesondere immer mehr und mehr glücklich und blühend zu machen geben mir die größte Zuversicht, daß Höchstdieselbe auf dieses geringe Werkchen gnädigst herabsehen werden.

In dem Herze der Bürgerschaft zu Dillingen stehet ein ewiges Denkmal aufgerichtet, welches von Enkel zu Enkeln

keln sagen wird, daß unter der preiß-
würdigsten Regierung Euer
Churfürstl. Durchleucht auf
Höchst Ihre Befehle neue deut-
sche nach dem besten Geschmack eingerich-
tete Schulen errichtet worden, die durch
die klugeste Unterweisung in der zarten
Jugend der Religion die besten Chri-
sten, und dem Staat die nützlichsten
Bürger bilden werden. Und Höchst
Ihre hiesige Academie hat es schon in

ihre Jahrbücher eingeschaltet, daß sie in den beschwerlichsten Umständen ihre herrliche Erhaltung dem mächtigsten Schutze des gütigsten Vaters des Vaterlandes ihrem CLEMENS WENCESLAUS ewig zu verdanken habe.

Gnädigster Herr! zwey Jahre sind es bey nahe, daß ich aus Höchst Ihrer Gnade auf dieser

Academie das Amt eines mathematischen Lehrers versehe. Die schuldigste Dankbarkeit bewog mich diese Schrift samt mir in tiefister Ehrfurcht zu Höchst Ihren Füssen zu legen

Euer Churfürstl. Durchleucht

Unterthänigst gehorsamster
Josephus Speugler.

Vorrede.

Durch lange Erfahrung habe ich erlernet, daß dem Fortgange der Schüler in Erlernung der Algebra nichts mehr im Wege stehe, als daß sie die Nutzbarkeit und den vielfältigen Gebrauch derselben nicht genugsam einsehen. Der Lehrer muß von ihnen immer und bis zum Verdruß hören, was nutzet mich dieses alles zu wissen? Zu was kann ich diese verworrene Buchstaben Rechnung brauchen? Wenn ich Ihnen einige Aufgaben, welche in den Anfangsgründen der Algebra angeführt zu werden pflegen, vorlegte, so wurde ihre Neugier

zwar

zwar in etwas gereitzet, weil sie aber sahen, daß diese Aufgaben von jener Art wären, welche weder in das Gewerb, noch in den Gewöhnlichen Umgang, noch in eine andere Wissenschaft einen Einfluß hatten, so wurde ihr Eyfer hierdurch sehr wenig angefeyret. Wenn, sagten sie, die ganze Nutzbarkeit der Algebra in dem bestehet, daß ich einige reitzhafte im übrigen aber unnütze Aufgaben beantworten kann, so lohnet es ja der Mühe nicht, daß ich so viele Arbeit auf mich nehme, als ihre Erlernung erfodert. Nun diese Hinderniß aus dem Wege zu räumen, und den Lust zu Erlernung der Algebra anzuflammen schiene mir nichts tauglicher zu seyn, als wenn ich die Anwendung derselben in einer solchen Wissenschaft zeigte, welche zugleich durch ihre Annehmlichkeit jedermann gefallen, und durch ihre weit ausgebreitete Nutzbarkeit, wichtig scheinen mußte. Die Optick schien mir zu dieser Absicht die tauglichste zu seyn: absonderlich weil alle ihre Grundsätze durch Hilfe der Algebra können bewiesen werden, ohne daß es von nöthen wäre, in derselben gar weit gekommen zu seyn, oder sich in den dritten, ja auch nur in den zweyten Grad einlassen zu müssen.

Vorrede.

Ich leitete aus den leichtesten, und selbst den Anfängern bekannten Grundsätzen der Geometrie und Trigonometrie die erste Fundamentalgleichung für die reflectierten und gebrochenen Stralen her: und aus diesen zwoen Fundamental Gleichungen zog ich durch sehr leichte Folgerungen, fast alle Gesätze der Zurückverfung und Brechung der Stralen für alle Gattungen der Spiegel und Gläser. Wer also den ersten Theoretischen Theil dieses kleinen Werkleins bedachtsam durchgehen wird, wird erkennen, daß durch zwo einzige allgebraische Gleichungen fast alle jene optischen Lehrsätze können erwiesen werden, welche sonst ein jeder ins besondere von vielen Schriftstellern geometrisch dargethan werden: er wird erkennen, daß eben diese Lehrsätze von einem jeden, der fast gar keine Wissenschaft von der Optick hat, aber in der Algebra auch nur etwas weniges geübet ist, sehr leicht selbst können erfunden werden: und daß folglich die Allgebra mit allem Recht die erfinderische Wissenschaft genennet wird: er wird erkennen, daß jenes große Lob nicht übertrüben sey, welches ein berühmter Schriftsteller der Algebra spricht, indem er saget: es könne durch Hilfe derselben ein Jüngling von 15 bis 16 Jah-

Jahren in kurzer Zeit, so vieles erfinden, als die scharfsinnigsten Männer ohne Hilfe der Algebra ihr ganzes Leben hindurch kaum erfunden haben.

Von der Einrichtung dieses Werkleins habe ich nur dieses zu erinneren. Es ist in zween Theile abgetheilet. Der erste ist ganz theoretisch: und beschäftiget sich in Erweisung der Gesetzen, nach welchen die Stralen durch was immer für Gläser gebrochen werden. Wer diesen Theil vollkommen zu verstehen verlanget, muß vorhinein etwas weniges in der Geometrie, Trigonometrie, und in der Berechnung der unendlichen Größen geübet seyn. Der zweyte Theil ist ganz practisch, und erkläret die Verfertigung, die Einrichtung, die Vortheile, und den Gebrauch fast aller optischen Maschinen und Instrumente. Ich hab mich zwar beflissen, diesen Theil so abzufassen, daß er auch jenen einiges Vergnügen und Nutzen bringen kann, welche in den vorerwähnten Wissenschaften nicht geübet sind: doch werden eben diese mir nicht zur Last legen, wenn sie auch diesen zweyten Theil nicht vollkommen begreifen, weil ich mich nothwendig

in

in meinen Beweisen immer auf den ersten beziehen mußte. Uebrigens werde ich mich für meine Arbeit genug belohnet erachten, wenn ich hierdurch in einigen eine größere Schätzung und Lust zu der so schönen Wissenschaft der Algebra werde erwecket haben.

Verzeichniß
der Materien, die in diesem Werkchen abgehandelt werden.

I. Theoretischer Theil.

Vorläufige Abhandlung vom Lichte.

Die Eigenschaften des Lichts werden untersuchet.

Blatt

I. Abschnitt von den Eigenschaften des Lichts überhaubt ohne Ruckſicht auf die Stralenbrechung und auf die Farben . . . 2

II. Abschnitt von den Eigenschaften des Lichts die Brechung und Zurückwerfung der Stralen belangend. . . 13

III. Abschnitt von den Eigenschaften des Lichts die Farben betreffend. . . 20

Von der Catoptrick.

I. Abschnitt von dem Brennpuncte oder Focus der Spiegel . . . 25

II. Abschnitt von den Bildern, die durch die Spiegel gestaltet werden. . . 41

Von der Dioptrick.

I. Abschnitt von dem Brennpuncte, der durch eine einfache Brechung erhalten wird. . . . 51

II.

Blatt

II. Abschnitt von dem Brennpuncte, der durch eine zwey-
fache Brechung gestaltet wird . . 59

Von der Optick.

I. Abschnitt Beschreibung des Auges . . 99
II. Abschnitt. Es wird erkläret, wie im Grunde des Auges die Bilder der Objecte entstehen, nach denen wir unsere Augen gerichtet haben. . . . 101
III. Abschnitt von einigen Umständen und Eigenschaften der Bilder im Auge . . 168
IV. Abschnitt wie wir durch die im Auge entworfenen Bilder Begriffe bekommen . . . 113
V. Abschnitt in was für einem Theile des Auges eigentlich die Empfindung des Sehens verursachet wird. 127

II. Practischer Theil.

Erstes Capitel von den Mikroscopen . . 132
I. Abschnitt von dem einfachen Mikroscope . . 134
II. Abschnitt von dem doppelten oder zusammengesetzten Mikroscope . . . 137
III. Abschnitt vom Sonnenmikroscope . . 188
Zweytes Capitel von den Fernrohren . . . 198
Drittes Capitel von den Teleskopen . . 241
Viertes Capitel von den dollondischen Fernrohren. 263
Fünftes Capitel von der Zauberlaterne . . 291
Sechstes Capitel von der Camera Obscura . 304
Siebentes Capitel von einer neuen optischen Universalmaschine . . . 324

I. Theoretischer Theil.

Vorläufige Abhandlung vom Lichte.

**

Daß unter dem Lichte jenes verstanden werde, was uns die umstehenden Sachen sichtbar machet, ist niemand unbekannt: daß es in die Zahl der Körper gehöre, wird keiner zweifeln, der bedenket, daß es durch andere Körper gezwungen werden kann seine Richtung zu ändern. Ob aber das Licht in einer wirklichen Bewegung eines Körpers von einem Orte zum andern, oder aber nur in einem Drucken einer flüßigen Materie bestehe, ist eine Frage, in derer Beantwortung die Naturlehrer noch nicht vollkommen einstimmig sind. Wir wollen uns in Erörterung dieser Frage nicht aufhalten, sondern begnügen, die Eigenschaften des Lichts zu untersuchen.

Die Eigenschaften des Lichts werden untersuchet.

Erster Abschnitt.

Von den Eigenschaften des Lichts überhaubt ohne Ruckſicht auf die Strahlenbrechung, und auf die Farben.

1. Das Licht geht nach geraden Linien fort. Denn man kann ia nur jene Dinge sehen, zu denen eine gerade Linie ohngehindert, und ohne auf einen undurchsichtigen Körper aufzustossen, kann gezogen werden. Wäre die Bewegung des Lichts wie jene des Schalles beschaffen, so würde man auch jene Sachen sehen, welche hinter einem andern finstern Körper stehen, gleichwie man den Schall eines Körpers höret, welcher hinter einem andern, dem Schalle wo nicht gänzlich doch grösten Theils undurchtrünglichen Körper liegt; denn könnte das Licht nicht durch gerade Linien in unser Auge kommen, so würde es doch durch krumme Linien in selbes fließen. So werfen auch alle finstere Körper einen Schatten hinter sich, der dem Lichte also entgegen gesetzt ist, daß die äußersten Puncte des Schattens mit den äußersten Puncten des finstern Körpers und mit dem Lichte in einer geraden Linie liegen. Nimmer mehr würde dieses geschehen, wenn das Licht sich nicht in geraden Linien bewegte; denn es würde hinter dem finsteren Körper in krummen Linien zerfließen, und allen hinter ihm liegenden Raum anfüllen.

Damit ihr aber diese Eigenschaft des Lichts gleichsam mit Augen sehet, so lasset in ein wohl verfinstertes Ge-

mach

mach durch ein kleines Löchlein bey heiterm Himmel einen Stral der Sonne einfallen: ihr werdet ihn in einer geraden Linie fortfahren, und an der dem Loche gegen über stehenden Wande ein helles Bild der Sonne entwerfen sehen, ohne die seitwerths stehenden Mauern merklich zu erleuchten. Ihr müsset euch dadurch nicht irre machen lassen, daß ihr den also durch das Zimmer fahrenden Stral sehet. Es ist wahr, es müssen einige kleine Stralen von ihm in euer Auge fließen, sonst könnte er euch nicht sichtbar seyn. Allein dieses kömmt nicht da her, daß das Licht in seinem Fortfahren für sich selbst auch seitwerths ausfließe: sonder die vielfältigen immer in dem Luft herum schwebenden Stäublein werfen einige auf sie fallende Strahlen in euer Auge, welches aus dem erhellt, daß ihr diese Stäubchen wirklich sehet; denn es ist ia bekannt, daß man keinen finstern Körper sieht, er werfe dann das auf ihn gefallene Licht in unser Auge zurück.

2. *Das Licht wird von einem Orte zum andern nicht augenblicklich fortgepflanzet, es wird hiezu eine Zeit erfodert.* Wir haben haubtsächlich zween Gründe diese Eigenschaft des Lichts zu erweisen, der eine ist der bald frühere bald spätere Austritt des innersten Jupiters Trabanten aus dem vom Jupiter geworfenen Schatten; der andere die sogenannte Abweichung des Lichts bey allen Gestirnen, sonderbar bey den Fixsternen.

Es sey S die Sonne (Fig. I.) K M C D die jährliche Laufbahne der Erde: P F Q ein Stück der Laufbahne des Jupiters: N R H die Laufbahne seines nächsten Trabanten: F der Jupiter. Jupiter ist ein finsterer Körper, welcher die auf ihn fallenden Sonnenstralen nicht durchfahren läßt: er wirft also einen Schatten hinter sich. Wann

nun der Trabant nach der Richtung N R G sich beweget, und in seinem Laufe zum Puncte R gelanget, fängt er an in den Schatten sich zu verhüllen, und unsichtbar zu werden: und alsdenn sagt man, es geschehe die Immersion, oder der Eintritt in den Schatten. Setzet er seinen Lauf weiter fort, und gelanget zum Puncte G, so fängt er wieder an sichtbar zu werden, und alsdenn sagt man, es geschehe die Emersion, oder der Austritt aus dem Schatten. Wenn nun die Zeit dieser Emersion auf das genaueste ist berechnet worden, so hat selbe doch fast niemal mit der Erfahrung zugetroffen, sie war immer vielen Veränderungen unterworfen. Ueberhaubt hat man bemerket, daß die Zeit der Emerston sich nach der Entfernung der Erde von dem Jupiter richte. Also weil die Erde dem Jupiter zum nähsten ist, wenn sie bey M in ihrer Laufbahne steht, und also die Sonne und Jupiter einander entgegen gesetzt sind, so geschah auch die Emersion in dieser Stellung am bäldesten: sie geschah später, da die Erde in E, noch später da sie in L, zum spätesten, da sie in C sich befand. Der Unterschied der Zeit der bäldesten Emersion in M und der spätesten in C belof sich auf 15 Minuten. Wenn nun das Licht augenblicklich von einem Orte zum andern kämme, so müßte die Emersion gleich geschwind erfolgen, es möchte die Erde nahe beym Jupiter oder weit von selbem stehen. Man kann also von dieser Erscheinung keine andere Ursache geben, als weil das Licht einer Zeit bedarf, bis es von einem Orte an das andere kömmt. In der That wenn der Trabant in seiner Bahne den Punct G erreichet, so wird er von der Sonne wieder beschienen; er wird aber von uns nicht eher gesehen, bis die auf ihn gefallenen, und von ihm zurückgeworfenen Strahlen in unser Auge kommen. Nun aber müssen diese Strahlen, ehe sie zu uns kommen,

einen

einen weitern Weeg machen, da die Erde in C, als da sie in M steht. Es ist also kein Wunder, daß sich die Emersion im letzten Falle früher im ersten später zu ereignen scheinet. Weil aber der Unterschied der Zeit der Emersion in diesen beyden Fällen sich auf 15 Minuten beläuft, so läßt sich schließen, das Licht brauche 15 Minuten die Linie M C, oder den Durchmesser der Laufbahne der Erde zu durchlaufen. Es wird demnach den halben Durchmesser oder den Raum von der Sonne bis zur Erde in dem halben Theil dieser Zeit, das ist in 7'. 30'' durchlaufen.

3. Dieser Beweise ist anfangs heftig bestritten worden. Wenn, sagte man, die weitere Entfernung der Erde von dem Jupiter verursachet, daß die Emersion später zu geschehen scheinet, so müßte eben dieses bey den äußeren Trabanten des Jupiters Statt haben. Es müßte die Emersion auch später geschehen, da der Jupiter in seiner weitesten Entfernung von der Sonne ist, denn dazumal ist er auch weiter von der Erde. Nun aber kömmt keines aus diesen mit der Erfahrung überein. Es muß also eine andere Ursache dieser Erscheinung seyn, welche den inneren Trabanten allein betrift: und nicht von der Entfernung des Jupiters von der Erde abhängt.

Allein dieser Einwurf läßt sich leicht beantworten. Die Tabellen, aus denen man die Finsternißen der Jupiters Trabanten berechnet, waren vor einigen Jahren noch sehr unvollkommen. Jene für den innersten, waren so genau nicht, daß man nicht einen Fehler von 3 bis 4 Minuten begehen könnte. Wenn nun der Jupiter in der weitesten Entfernung von der Sonne und zugleich derselben entgegen gesetzt war, so war freylich der Jupiter samt seinem Trabanten auch weiter von der Erde, als er gewesen wäre, wenn der Ju-

piter zwar in der Opposition mit der Sonne, aber zugleich in der kleinsten Entfernung von selber gestanden wäre. Es mußte also die Emersion in dem ersten Falle wirklich später als in dem zweyten geschehen. Weil aber der Unterschied beyder Entfernungen nicht gar groß ist, so konnte auch der Unterschied in der Zeit der Emersion nicht gar beträchtlich seyn: er konnte sich nicht über 3 Minuten, ia wenn die Tabellen für die mittlere Entfernung des Jupiters von der Sonne eingerichtet waren, nicht über $1\frac{1}{2}$ Minuten belaufen. Weil nun dieser Fehler kleiner ist als jener, der in der Berechnung aus den Tabellen sich einschleichen kann, so konnte es geschehen, daß beyde sich miteinander so vermischten, daß einer den andern aufhebte, und also beyde unmerkbar wurden. Aber wenn Jupiter das einemal in der Coniunction, das anderemal in der Opposition war, mußte sich der Unterschied zwischen der Zeit beyder Emersionen auf 15 Minuten belaufen, welcher durch den kleinen Fehler der Tabellen niemal konnte verdeckt und unmerkbar werden.

Was die äußeren Trabanten betrift, so waren die Tabellen für selbe so unrichtig, daß man einen Fehler von 18 Minuten begehen konnte, welcher dann groß genug war, den Unterschied der Emersion in verschiedener Stellung der Erde zu bedecken und unmerkbar zu machen.

Diesen Beweiß von der nicht augenblicklichen Verbreitung des Lichts hat der berühmte Römer erfunden: er wurde aber noch mehr bestättiget, und außer allem Zweifel gesetzet durch die Abweichung des Lichts, welche der berühmte Sternkündiger Bradley der erste entdecket hat.

4. Wir wollen setzen, es fließe (Fig. II.) aus dem Stern E der Lichtstral E B. Wir wollen ferner setzen,

in

in der Zeit, da der Lichtstral von C bis B sich bewegt, komme ein Observator auf der Erde kraft der Bewegung der Erde in der Ecliptic von A bis in B. Wenn der Stral allein eine Bewegung hätte, wurde er kraft dieser eigenen Bewegung nach der Richtung C B in das Auge bey B aufstossen. Weil aber das Auge gleichfalls eine Bewegung hat, so geschieht die Aufstossung nach den Regeln der zusammengesetzten Bewegung. Der Stral bewegt sich etwan in einer Secunde von C bis B: das Auge des Observators hat, da die Aufstossung in B geschieht, eine solche Geschwindigkeit, kraft welcher es in eben dieser Zeit einer Secunde die Linie B F = A B durchlaufen wurde: die Aufstossung geschieht also nach der Richtung B D, nämlich nach der Richtuug der Diagonal des Parallelograms, welches über beyde Kräften errichtet ist. Weil also das Auge das Object in iener Linie zu seyn urtheilet; nach welcher der Stral in dem Auge aufgestossen hat, so wird der Observator den Stern nicht in E sonder in H sehen.

Wenn nun die Geschwindigkeit der in ihrer Laufbahne fortlaufenden Erde zur Geschwindigkeit des Lichts ein merkliches nicht gar zu kleines Verhältniß hat: so wird der scheinbare Ort H des Sterns von dem wahren Orte desselben auch merklich unterschieden seon. Nun hat Bradley angenommen, die Geschwindigkeit des Lichts sey so groß, als selbe Römer aus ganz andern Grundsätzen bestimmet hatte, so groß nämlich, daß es in 7′. 30″ den halben Durchmesser der Laufbahne der Erde durchlaufe. Die Geschwindigkeit der in ihrer Bahne forteilenden Erde, war ihm gleichfalls bekannt: er wußte endlich auch den Winkel C B F oder B C D, den der von jedem Stern kommende Stral C B mit der Richtung B F oder C D der in ihrer Bahne fortlaufenden Erde machte: er konnte also den Abweichungs-

Winkel CBD berechnen, und zugleich beſtimmen, was dieſe Abweichung des Lichts in einem jeden Stern für eine Wirkung hervorbringen mußte: ob und wie viel hiedurch die Declination, die gerade Aufſteigung, die Länge, die Breite des Sterns mußte veränderet werden. Und nachdem er nach dieſen Geſetzen den ſcheinbaren Ort des Geſtirns beſtimmet, traf er es wirklich, da er die Obſervation vornahm, an dem alſo beſtimmten Orte an, und dieſes nicht nur ein oder das andere mal, ſonder das ganze Jahr hindurch, ſo oft er die Rechnung und die Beobachtung wiederhollte, nicht nur bey einem, ſonder bey ihrer Lage nach ganz verſchiedenen Sternen. Au welchem dann ohnſtrittig folget, daß, was er vorausgeſetzet, wirklich wahr ſey, nämlich, daß das Licht nicht augenblicklich, ſonder nach und nach verbreitet werde, und zwar mit eben jener Geſchwindigkeit, welche Römer aus der Verfinſterung des innerſten Trabanten des Jupiters beſtimmet hatte.

5. Die Erde hat neben der Bewegung in ihrer Laufbahne noch eine andere um ihre Achſe. Muß dann nicht auch dieſe eine Abweichung des Lichts verurſachen? Ich antworte: ja; aber weil dieſe Bewegung der Erde um ihre Achſe in Vergleichung mit der Geſchwindigkeit, mit welcher das Licht ſich bewegt, über die Maaßen klein iſt, ſo kann die daraus entſpringende Abweichung nicht anderſt als ſehr gering ſeyn, ſie kann, wie leicht durch die Berechnung beſtimmet werden könnte, ſich bey weitem nicht auf eine Secunde belaufen, und eben darum iſt ſie ganz unmerkbar.

Aber der berühmte Sternkündiger Manfredius hat dieſes Geſetz der Abweichung des Lichts bey einigen Sternen nicht vollkommen wahr zuſeyn befunden. Ich antworte: er hat es doch bey dem mehriſten wahr befunden. Daß es

ihm

ihm nicht bey allen zuzutreffen geschienen hat, war die Ursache, weil er auf die Schwankung der Achse der Erde keine Achtung hatte, welche erst nachmal vom besagten Herrn Bradley ist entdecket, und mit der Theorie von der Abweichung des Lichts glücklich vereiniget worden.

6. Das Licht verbreitet sich mit einer ungemeinen Geschwindigkeit. Denn gemäß dem, was eben ist erwiesen worden, gelanget es innerhalb 7'. 30'' oder in 450 Secunden von der Sonne bis zu uns. Nun aber ist die Sonne 22000 halbe Durchmesser der Erde von uns entfernet: ein Durchmesser der Erde begreift 850 deutsche Meilen in sich. Das Licht durchläuft also in 450 Secunden 22000 × 850 oder 18700000 deutsche Meilen: und folglich in einer Secunde $\frac{18700000}{450}$, oder 41555 deutsche Meilen, das ist 831100000 Schuhe. Ein Stuckkugel durchläuft in einer Secunde bey nahe 600 Schuhe. Nun ist 600 in 831100000 mehr dan Millionen mal enthalten. Es übertrift also die Geschwindigkeit des Lichts jene einer ausgeschossenen Stuckkugel mehr dan Millionenmal.

7. Weil die Fixsterne fast unbegreiflich weit von uns entfernet sind, so folget, daß das Licht derselben ohngeachtet seiner großen Geschwindigkeit dennoch erst nach langer Zeit zu uns gelange. Nach der Rechnung der Sternkündiger sind die nähsten Fixsterne wenigstens 200000 mal weiter von uns als die Sonne: das Licht dieser Sterne braucht also, ehe es zu uns gelanget 450 × 200000, oder 90000000 Secunden, das ist wenigstens 2 Jahre 311 Tage und 16 Stunden. Die kleinsten Sterne, die wir mit freyem Auge kaum mehr entdecken, sind nach Meinung vieler Sterkündiger bey 1000 mal weiter von uns

als die der ersten Größe. Ihr Licht kömmt also erst nach beyläufig 3000 Jahren, nachdem es von ihnen ausgeflossen ist, in unser Auge.

8. Wenn dem also wäre, sagen einige, so folgte, daß, wenn ich einen Stern aufgehen sehe, er nicht wirklich im Horizont stehe, sonder beyläufig vor drey Jahren, oder wenn er einer der kleinsten ist, vor beyläufig 3000 Jahren daran gestanden habe. Es folgte, daß Adam die drey ersten Jahre nach seiner Erschaffung gar keinen Stern habe sehen können, die kleinsten aber erst nach 3000 Jahren zu sehen bekommen habe. Es folgte, daß, wenn Gott wirklich alle Sterne am Himmel zernichten sollte, wir selbe dennoch noch beyläufig 3 Jahre, ja die kleinsten derselben noch bey 3000 Jahre sehen würden. Wer soll nun diese Folgen zulassen können?

Ich antworte: in der ersten Folge sehe ich gar nichts ungereimtes. Wenn ich sage; jetzt steht dieser Stern im Horizont, so ist der Verstand dieser Worte: dazumal als das Licht, welches jetzt in mein Auge fällt, von diesem Stern ausfloß, stund er im Horizont, welches dann wirklich wahr ist. Die andere und dritte Folge ist ebenfalls richtig, wenn Gott hierin nicht, wie er doch leicht hat können, ein Mittel verschaffet hat. Allein da er die Sterne erschaffen hat, hat er zugleich die von ihnen bis zur Erde verbreiteten Strahlen erschaffen können. Da er die Sterne zernichten wird, kann und wird er wahrscheinlich zugleich die von ihnen schon ausgefahrenen Stralen zernichten.

9. Die Bewegung des Lichts ist gleichförmig, oder was eines ist, die Geschwindigkeit des sich verbreitenden Lichts nimmt im Fortlaufen weder merklich zu weder ab. Denn die Abweichung des Lichts

hängt

hängt von der Entfernung der Sterne gar nicht ab, sie ist nach den Beobachtungen des Herrn Bradley bey den Sternen der ersten und sechsten Größe vollkommen die nämliche, wenn sie nur in Ansehung der Ecliptic die nämliche Lage haben. Es muß also das Licht aller Fixsterne, da es zu uns kömmt, die nämliche Geschwindigkeit haben, denn von dieser hängt die Größe der Abweichung des Lichts ab. Nun aber ist die Entfernung verschiedener Sterne von unserer Erde sehr verschieden: Es müßte also das Licht jener Sterne, welche viel weiter von uns entfernet sind, geschwinder bewegt werden, wenn desselben Geschwindigkeit im Fortlaufen immer zunähme, und langsamer, wenn die Geschwindigkeit immer abnähme. Weil also keines aus beyden geschieht, so läßt sich schließen, die Geschwindigkeit des Lichts nehme im Fortlaufen weder zu weder ab, daß ist, die Bewegung des Lichts sey gleichförmig. Eben dieses erhellet noch klärer aus dem, daß durch die Abweichung der Fixsterne die nämliche Geschwindigkeit des von ihnen auf die Erde fallenden Lichts gefunden wird, welche man aus der Verfinsterung des Jupiters Trabanten für das Sonnenlicht findet. Denn weil die Sterne ungemein weiter von uns als die Sonne sind, so müßte das Licht jener eine ungemein größere Geschwindigkeit haben, wenn diese im Fortlaufen wüchse, und ein ungemein kleinere, wenn sie abnähme.

10. **Die Theilchen, aus denen die Lichtstralen bestehen, sind sehr, ia unbegreiflich klein.** Der Gewalt, mit welcher ein bewegter Körper auf einen andern aufstößt, ist dem Producte proportional, welches entsteht, wenn die Geschwindigkeit des bewegten Körpers mit desselben Masse multiplicieret wird. Nun ist die Geschwindigkeit

des Lichts ungemein groß, und dennoch der Gewalt, mit dem es auf ruhende Körper fällt, ſo klein, daß er durchaus unmerklich iſt. Es muß alſo die Maſſe eben dieſes auffallenden Lichts unbegreiflich klein ſeyn.

Um ſich von dieſem noch mehr zu verſichern, ſo ſteche man mit einer Nadel ein Löchlein in ein Papier, und halte es vor die Augen. Man wird dadurch bey nahe den halben Horizont überſehen können. Alle dieſe Sachen würde man nicht ſehen, wenn nicht von einer jeden derſelben viele Stralen ins Auge kämen. Nun können ſie nicht in das Auge kommen, wenn ſie nicht durch das kleine Löchlein im Papier durchgehen, es iſt demnach richtig, daß Millionen und Millionen Lichtſtr len zu gleicher Zeit durch ein Löchlein hindurchgehen, welches dem Spitze iner Nadel gleich iſt. Es wird alſo hierdurch die ungemeine Subtilität der Partikeln des Licht; beſtättiget.

11. **Aus einem leuchtenden Puncte fahren die Lichtſtrahlen auf alle Seiten aus, auf die Art, wie die Radii einer Kugel aus ihrem Mittelpuncte.**

Denn ein leuchtender Punct kann aller Orten geſehen werden, wohin man von ihm gerade Linien ziehen kann. Es müßen alſo unzählig viel Stralen nach allen möglichen Richtungen von ihm ausfließen.

12. **Die Stärke des Lichts nimmt ab, wie das Quadrat der Entfernung vom leuchtenden Puncte wächst.**

Laſſet einen Lichtſtral durch ein kleines Löchlein in ein verfinſtertes Zimmer fallen. Das Löchlein kann in dieſem Falle als der leuchtende Punct betrachtet werden. Fanget dieſen Lichtſtral zuerſt in der Entfernung eines Schuhes

von dem Löchlein mit einem Papier auf, hernach in der Entfernung von zween Schuhen, alsdenn in der Entfernung von dreyen. Ihr werdet jederzeit ein helles Cirkelförmiges Bild der Sonne auf dem Papier erblicken: aber der Durchmesser dieser Cirkeln wird immer in jener Verhältniß größer werden, in welcher die Entfernung vom Löchlein wächst. Nun aber verhalten sich, wie aus der Geometrie bekannt ist, die Flächen der Cirkeln wie die Quadrate ihrer Durchmesser. Es wird also das Licht, welches durch das Löchlein einfällt, in der Entfernung von zween Schuhen in einen viermal größeren Raum ausgetheilt, als in der Entfernung von einem Schuhe: und in der Entfernung von dreyen Schuhen in einem neunmal größern Raum. Es ist also in der Entfernung von zween Schuhen viermal, und in der Entfernung von dreyen neunmal schwächer als in der Entfernung von einem Schuhe u. s. f. Aus diesem erhellet, wie zerstreuet, und so zu reden, dünn gesäet das Sonnenlicht auf unserer Erde sey. Die Sonne ist 22000 halbe Durchmesser der Erde von uns entfernet. Das Quadrat dieser Entfernung ist 484000000. Wenn also in der Entfernung eines solchen Durchmessers von der Sonne 484000000 Stralen auf einen gewißen Raum etwan einen Nadelspitze fallen sollten, so würde auf unserer Erde ein einziger solcher Strahl auf eben diesen Spitz fallen.

Zweyter Abschnitt.

Von den Eigenschaften des Lichts die Brechung und Zurückwerfung der Strahlen belangend.

13. Wenn ein Lichtstrahl aus einer Materie schief in eine andere fährt, welche der Dichtigkeit nach von der vorigen

rigen unterſchieden iſt, ſo veränderet er ſeine vorige Direction, und dieſe Veränderung der Direction wird die Refraction genennet. Sie richtet ſich nach gewißen Geſetzen, welche wir jetz erklären wollen.

F I G B ſtelle einen Raum vor, welcher entweders gänzlich leer, oder doch mit einer dünnen und vollkommen durchſichtigen Materie erfüllet iſt. (F.III.) B G D H aber eine dichtere Materie, derer Oberfläche G B. Es bewege ſich ein Lichtſtral nach der Linie A C. der Punct C wird der Einfallspunct, P C der Perpendikel, A C P der Einfallswinkel genennet.

Erſtes Geſetz.

14. Wenn ein Stral A C aus einer dünneren in eine dichtere Materie ſchief hineinfährt, ſo wird er gemeiniglich gegen den Perpendickel gebrochen, das iſt, er nimmt anſtatt der Richtung C K, welche mit A C in einer geraden Linie liegt, eine andere C L, welche dem Perpendickel C Q näher kömmt.

Füget zwey Brettlein (Fig. IV.) A B N, N O P unter einem geraden Winkel zuſammen: ſtellet an das Brettlein A B N einen wohl polirten Würfel aus Glas, welcher mit dem Brettlein eine gleiche Höhe hat. Doch muß das Brettlein länger als die daranliegende Seite des Wirfels ſeyn, alſo daß es merklich über ihn herauslaufe. Das andere Brettchen, auf dem der Würfel ſteht, muß gleichfalls merklich über ihn herauslaufen. Stellet nun dieſe ganze Riſtung den Sonnenſtralen aus. Der von dem Brettchen geworfene Schatten wird ſich in dem gläſernen Würfel etwan in der Linie K O endigen; außer dem Würfel

fel wird sich eben dieser Schatten weiter etwan bis M L erstrecken, aus welchem dann erhellet, daß die von der Sonne auf die Oberfläche des senkrecht stehenden Brettleins gefallenen Srahlen eine solche Richtung haben, die auf der Grundfläche O P N in der Linie M L R sich endiget. Weil also die in den gläsernen Würfel fahrenden Stralen näher bey dem perpendickularen Brettlein sich endigen, so ist es klar, daß diese Stralen im Eintritt in das Glas ihre Richtung veränderet haben, und gegen den Perpendickel seyn gebrochen worden.

Zweytes Gesetz.

15. Wenn ein Lichtstral aus einer dünnern Materie in eine dichtere fährt, so geschieht die Brechung gegen den Perpendickel also, daß der Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des gebrochenen immer das nämliche Verhältniß hat, es mag der Stral minder oder mehr schief, das ist unter einem größern oder kleinern Winkel einfallen.

Es sey Fig.5. F G die Oberfläche der dichteren Materie, A C der einfallende, C I der gebrochene Stral. Wenn C K als der Radius angenommen wird, so ist K M der Sinus des Einfalls Winkel A C P oder K C H, I N aber der Sinus des gebrochenen Winkels I C H.

Nachdem ihr nun das § 15 beschriebene Experiment angestellet habet, so messet (Fig. IV.) auf einer richtigen Scala die Seiten C H, H K und H L auf das genaueste. Beschreibet (Fig. VI.) auf einem besondern Papier die in H rechtwinklichten Triangeln C H K und C H L: nehmet die Seite C H als den Radius, und beschreibet aus dem Punkte C den Bogen H O, welcher die Seite C K in M, die Seite

C L

C L aber in I schneiden wird. Ziehet I N und M G auf C H perpendicular. Messet auf eurer Scala auf das genaueste die Linien I N und M G, als welche die Sinus des Einfalls und des gebrochenen Winkels sind. Ihr werdet finden, daß sich I N zu M G verhalte bey nahe wie 31 zu 20, oder bey nahe wie 3 zu 2. Und dieses Verhältniß werdet ihr immer finden, es mag die Sonne hoh oder nieder stehen, und also der Stral unter einem großen oder kleinen Winkel einfallen.

16. Wenn ihr euch anstatt eines gläsernen Würfels eines andern bedienet, welcher aus fünf Plangläsern zusammen gesetzet, inwendig hohl und oben offen ist, so könnet ihr Wasser, Weingeist und andere durchsichtige flüßige Materien darein gießen, und durch Wiederhollung des oben beschriebenen experiments das Verhältniß zwischen den Sinußen des Einfalls und des gebrochenen Winkels in diesen Materien bestimmen. Ihr werdet finden, daß sie sich verhalten in dem Eintritt

Aus dem Luft in das Wasser wie	4: 3
in Regenwasser	4: 2, 9565
in den Weingeist	4: 2, 92
in Vitriolöl . . .	4: 2, 8
in Olivenöl	4: 2, 727
in Leinöl . . .	4: 2, 7
in Terpentingeist . .	4: 2, 72

Im Eintritt des Lichts aus dem Luft in das Glas verhält sich der Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des gebrochenen wie 31 zu 20; oder wie 4 zu 2. 58. Der Stral wird also durch das Glas zum stärksten gebrochen, durch das Olivenöl stärker als durch den Weingeist, durch

den

den Weingeist stärker als durch das Wasser. Nun aber ist der Weingeist und das Oel weit leichter und folglich dünner als Wasser. Die Größe der Stralenbrechung richtet sich folglich nicht allzeit nach der Dichtigkeit der brechenden Materie. Der berühmte Naturforscher Gravesande hat erfahren, daß das Licht im Eingang aus Olivenöl in Borax keine merkliche Brechung leyde: und im Eingang aus dem Terpentingeist in das Wasser vom Perpendickel gebrochen werde. Nun aber ist der Borax dichter als Oel, das Wasser dichter als Terpentingeist. Es ist also jener Grundsatz, daß das Licht, wenn es aus einer dünnern Materie schief in eine dichtere fährt, gegen den Perpendickel gebrochen werde, nicht allgemein: deßwegen habe ich das Wörtlein gemeiniglich beygesetzet. Newton hat bemerket, daß jene Materien, welche mehrere schweflichte Theilchen haben, gemeiniglich eine größere Kraft die Lichtstralen zu brechen besitzen.

Drittes Gesetz.

17. *Wenn ein Lichtstral von einer dichtern Materie in eine dünnere schief hineinfährt, so bricht er sich gemeiniglich von dem Perpendickel.*

Beschreibet (Fig. VII.) auf einer wohl polirten Fläche etwan von Metall, oder hartem Holz einen Cirkel P R Q S, so groß, als es die Fläche leydet. Ziehet zween sich perpendickular durchschneidende Durchmesser R S und P Q: fasset vom Puncte P aus zween gleiche Bögen P A und P B von beliebiger Größe: hänget diese zween Puncte durch eine gerade Linie A B zusammen: fasset mit einem Handcirkel drey vierte Theile der Linie D B, und bestimmet also den Punct H: aus diesem richtet eine auf D B senkrecht stehende Linie auf, und ziehet sie so weit aus, bis sie dem Cirkel in E begegnet. Stecket in den Puncten A,

C und E aufrecht stehende Spitze: senket die Fläche in das Wasser also, daß die Oberfläche des Wassers mit der Linie R S zutreffe. Wenn ihr nun euer Auge an den Stift A setzet, und damit gegen den Stift C ziehlet, so werdet ihr den Stift E in der nämlichen Linie erblicken. Der vom Stift E zurückgeworfene Stral E C ist hiemit in C gebrochen worden, und hat anstatt der Direction E C L, welche er im Wasser hatte, eine andere C A bekommen, welche weiter vom Perpendickel C P abweichet.

Weil D B oder auch K G der Sinus des gebrochenen Winkels, E F aber der Sinus des Einfallswinkels ist, und weil F E = D H drey vierte Theise vom K G hält, so folget ferner, der Sinus des Einfallswinkels verhalte sich zum Sinus des gebrochenen im Eingang eines Strals aus dem Wasser in den Luft wie 3 zu 4.

Und weil dieses immer gleich von statten geht, ihr möget den Bogen P A und P B größer oder kleiner annehmen, so erhellet ferner, daß das Verhältniß zwischen dem Sinus des Einfalls und des gebrochenen Winkels immer das nämliche bleibe, es mag der Strahl mehr oder weniger schief aus dem Wasser in den Luft fahren.

18. Weil der Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des gebrochenen immer einerley Verhältniß hat, so muß ein perpendickular einfallender Stral gar keine Brechung leyden. Denn je kleiner der Einfallswinkel ist, desto kleiner muß die Brechung seyn; wenn also jener gänzlich verschwindet und gleich o wird, so muß auch dieser ganz verschwinden und gleich o werden.

19. Das Licht, wenn es auf einen ihm undurchtringlichen Körper fällt, wird von demselben zurückgeworffen;

dieses

dieses lehret die tägliche Erfahrung. Nun sey (Fig. VII.) B C der einfallende , C A der zurückgeworfene Stral : P C aber sey eine vom Puncte C errichtete Linie , welche auf die zurückwerffende Oberfläche perpendickular steht , so wird B C P der Einfallswinkel , P C A aber der Reflexionswinkel genennet , nun ist bey dev Reflexion des Lichts zu merken folgendes allgemeines

Gesetz.

20. **Der zurückspringende Stral A C liegt mit dem Perpendickel P C und dem einfallenden Stral B C in einem Plano , und et springt jederzeit also zurück , daß der Einfallswinkel , dem Reflexionswinkel gleich ist.**

Dieses kann durch folgendes Experiment bewiesen werden. Auf einer wohlpolirten Fläche beschreibet einen Cirkel P R Q S. Ziehet zween sich perpendickular durchschneidende Durchmesser R S und P Q. Fasset zween gleiche Bögen P A und P B : stecket kleine aufrecht stehende Spitze in A , C und B : versenket den Cirkel also in das Wasser , daß die Linie R S mit der Oberfläche desselben zutreffe. Ziehlet mit eurem Auge von A gegen C , so werdet ihr den Spitz B in der verlängerten Linie A C nämlich in G sehen. Der vom Spitze B auf C gefallene Stral ist also nach der Richtung A C zurückgesprungen , und hat den Reflexionswinkel P C A dem Einfallswinkel B C P gleich gemacht.

Dritter Abschnitt.

Von den Eigenschaften des Lichts die Farben belangend.

21. Ein Lichtstral, wie er aus einem leuchtenden Körper, besonders von der Sonne herkömmt, begreift verschiedene Farben in sich: wir unterscheiden haubtsächlich folgende sieben: roth, goldgelb, schwefelgelb, grün, himmelblau, purpurfärbig, violet.

Die Entdeckung dieser Eigenschaft des Lichts sind wir dem großen Newton schuldig. Er hat sie auf folgende Art entdecket. Er ließ durch ein kleines in einem Fensterladen eröffnetes Löchlein einen Sonnenstral in ein verfinstertes Zimmer einfallen. Dieser Stral fuhr in einer geraden Linie fort, und entwarf an der gegenüber stehenden Wande ein weiß glänzendes Cirkelförmiges Bild der Sonne. Als er aber diesem durch das Zimmer fahrenden Stral, nicht weit von dem in den Laden gemachten Löchlein ein dreyeggichtes Prisma also vorhielt, daß die Schneide desselben unten stund, nahm er wahr, daß der Stral hinter dem Prisma erhebt, und also verzogen wurde, daß auf einer weißen 16 bis 18 Schuhe von dem Prisma entfernten Tafel ein ablanges Bild entstund, in welchem folgende sieben Farben in folgender Ordnung zu sehen waren. Die rothe Farb war die unterste, es folgte die goldgelbe, nach dieser die schwefelgelbe, die grüne, die himmelblaue, die purpurfärbige, und endlich Violet. Wenn er das Prisma so verkehrte, daß die Schneide von oben, die Grundfläche von unten zu stehen kamm: wurde der Stral abwärts gebogen, es erschien das nämliche langlechte Bild, aber

aber mit verkehrter Ordnung aller Farben: der unterste Theil nämlich war violet, der oberste roth. Aus diesen allen schien ganz klar zu folgen: ein jeder weißer Sonnenstral habe die angezogenen sieben Farben in sich, welche durch das Prisma getrennet und von einander abgesöndert, und eben darum einjede für sich selbst sichtbar werden.

22. Diese so natürlich scheinende Folge wurde anfangs heftig bestritten: viele aus den Naturkündigern wollten behaubten, die angezogenen sieben Farben wären nicht schon in dem einfallenden weißen Sonnenstral verborgen, sondern sie wurden erst im Durchfahren durch das Prisma herfürgebracht. Allein Newton hat diese Meinung so wohl durch geometrische Beweise als durch neu angestellte Versuche augenscheinlich widerlegt. Ich will Kürze halber nur einen oder den andern von diesen anführen. Wenn ein in das verfinsterte Zimmer eingelassener und durch das Prisma in seine Farben getrennter Stral mit einer Wande aufgefangen wird, die eine Oeffnung hat, durch welche eine einzige von andern abgesönderte Farbe durchgelassen werden kann: wenn ferner der durch diese Oeffnung durchgelassene einfärbige Stral etwan der rothe mit einem neuen Prisma aufgefangen wird, so wird er im Austritte aus demselben, noch immer die vorige Farbe haben: der rothe wird roth der blaue blau verbleiben. Wenn nun das Prisma die Farben des einfallenden Strals zu verändern vermag, warum geschieht diese Veränderung nicht im Durchgange durch das zweyte Prisma? Ist nicht dieses ein augenscheinlicher Beweiß, das Prisma habe nicht die Kraft die Farben zu verändern, oder herfürzubringen, sondern nur die schon gegenwärtigen und im einfallenden Stral vermischten von einander zu trennen? Hinter dem ersten Prisma erscheinen verschiedene Farben, weil der einfallende weiße Stral

aus verſchiedenen zuſammen geſetzt iſt, welche im Durchlaufen von einander getrennet worden: hinter dem zweyten Priſma erſcheinet nur eine Farbe, weil nur eine in ſelbes fällt: und es erſcheinet die nämliche, welche darein fiel, weil das Priſma keine Kraft hat, die Farbe des einfallenden Strals zu ändern. Ferner wenn ein ſolcher von andern getrennter einfärbiger Stral durch ein Glas von was immer für einer Farbe oder Figur durchgelaſſen wird, ſo bleibt er noch immer der alte: zum Beyſpiel ein rother Stral bleibt roth, er mag durch ein rothes, grünes oder blaues Glas durchgelaſſen werden. Ja wenn in einem einfärbigen Stral ein undurchſichtiger Körper von was immer für einer Farbe gelegt wird, ſo ſcheint der Körper allezeit jene Farbe zu haben, von welcher der Stral iſt, in den er iſt gelegt worden: alſo ſcheinet etwas von Zinober nicht roth ſonder grün: wenn man es in einen einfachen grünen Stral leget. Iſt nicht dieſes ein neuer Beweiß, daß die Farben der Stralen in der Natur derſelben gegründet, und weder durch Brechung noch durch die Zurückwerfung zu verändern ſeyn. Wenn endlich ein durch das Priſma in ſieben Farben zertheilter Stral durch ein breites Converglas aufgefangen wird: ſo bleiben die Farben gleich hinter dem Glas die nämlichen: aber im Brennpuncte, wo alle ſich wieder vereinigen, erſcheinet eine hellglänzende weiße Farb. Wer ſoll denn zweifeln, die weiße Farbe eines Sonnenſtrals ſey nichts anders als eine Vermiſchung aller Farben?

I. Die Stralen von verſchiedenen Farben, wenn ſie unter dem nämlichen Winkel auf eine nämliche neue Materie einfallen, leyden eine dem Grad nach verſchiedene Brechung, alſo daß die violeten am ſtärkeſten, die purpurfärbigen etwas weniger u. ſ. f. die rothen am wenigſten gebrochen werden.

23. Dieses erhellet ganz klar aus dem oben beschriebenen (§. 21.) Versuche: die im einfallenden weißen Stral verborgene kleine Stralen von allen Farben fallen alle unter einem Winkel auf das Prisma. Sollten nun alle im Eintritte in das Glas, und im Ausgange aus demselben die nämliche Brechung leyden, so würden sie ia niemal von einander getrennet werden, sie würden nach einer doppelten Brechung annoch untereinander parallel und vereiniget bleiben, gleichwie sie parallel und vereiniget einfielen. Dieses geschieht aber nicht: sie trennen sich und werden verlaufend: Die Brechung ist also nicht bey allen Farben gleich sonder bey der einen stärker als bey der andern. Wenn das Prisma also gehalten wird, daß die Grundfläche unten, die Schneide oben steht, so wird das Bild durch die Brechung tiefer hinab gedruckt, und in diesem Falle ist die Violetfarbe die unterste, die rothe die oberste. Wird das Prisma verkehrt, und also gehalten, daß die Grundfläche oben steht, so wird durch die Brechung das Bild erhebt, und in diesem Falle ist die Violetfarbe die oberste, die rothe die unterste. Kurz, geschieht die Stralenbrechung hinaufwärts, so ist die violete Farbe die oberste, geschieht sie hinabwärts, so ist eben diese die unterste, sie leydet also immer die stärkeste, die anderen folgenden immer eine kleinere Brechung.

24. **Anmerkung.** Ich habe gesagt, ein jeder weißer Sonnenstral bestehe aus mehrern kleinern Stralen von sieben verschiedenen Farben. Dieses ist nicht im scharfen Verstande zu nehmen. Nicht nur sieben, sonder unzahlbar viele kleinere Stralen sind in jedem weißen Stral, welche immer einer von dem andern der Farbe und Brechbarkeit nach in etwas unterschieden sind, allein so lang dieser Unterschied der Farbe noch klein ist, ist er unsern Sinnen noch

nicht kennbar: erst alsdenn, wenn dieser Unterschied etwas größer wird, merken wir, daß die Farbe sich geändert habe.

Erstes Capitel.

Von der Catoptrick.

Vor ich die Lehrsätze der Catoptrick anführe, und beweise, muß ich einige Anmerkungen machen.

25. I Wenn ein Winkel (Fig. VIII.) A C M sehr klein ist, und aus dem Puncte C ein Bogen A M beschrieben wird, so kann dieser Bogen ohne merklichen Fehler als eine auf A C oder auch auf M C perpendickular stehende gerade Linie betrachtet werden. In eben diesem Falle kann F M = F A und O M = O A ohne beträchtlichen Fehler angenommen werden.

26. II Eine jede gerade durch das Centrum eines Spiegels gezogene Linie wird eine Achse desselben genennt. Weil also unendlich viele Linien durch das Centrum auf jeden Spiegel gezogen werden können, so hat ein jeder Spiegel unendlich viele Achsen. Aber wenn ein gewißer Punct außer dem Spiegel angenommen wird, so giebt es in Ansehung dieses Puncts nur eine Achse, weil nur eine gerade Linie durch diesen Punct nnd zugleich durch das Centrum gezogen werden kann: und eben diese Linie wird die Achse desselben Puncts genennt. Also ist (Fig. IX.) D C Q die Achse des Puncts Q, und O C B die Achse des Puncts C.

27.

27. III. Bey einem Planspiegel ist eine jede perpendickular auf die Spiegelfläche stehende Linie eine Achse des Spiegels.

Erster Abschnitt.

Von dem Brennpuncte oder Focus der Spiegel.

Aufgabe.

Wenn der Radius eines kugelförmig erhabenen oder auch hohlen Spiegels, und die Entfernung eines stralenden Puncts von diesem Spiegel gegeben sind, den Focus finden, das ist, jenen Punct, in dem sich die vom Spiegel zurückgeworfenen Stralen versammeln.

28. Es sey A B M (Fig. VIII.) ein Cirkelförmig erhabener, oder Converspiegel, O ein stralender Punct, A O dessen Entfernung vom Spiegel: O A C die durch diesen Punct gehende Achse des Spiegels: C A der Radius der Converität. Nun sollet ihr den Punct F finden, in welchem sich die zurückgeworfenen Stralen vereinigen wurden.

Wenn ihr aus C durch einen sehr nahe bey A liegenden Punct M eine Linie C M G ziehet, so wird diese auf die Spiegelfläche in M perpendickular seyn. M G ist also der Einfallsperpendickel, und O M G der Einfallswinkel. Weil nun der Stral unter eben dem Winkel, unter welchem er einfällt, wieder zurückgeworfen wird, (§. 20.) so wird M D, wenn ihr den Winkel D M G dem Winkel O M G gleich machet, den zurückgeworfenen Stral fürstellen, und wenn ihr die Linie M D ruckwärts ausziehet, so wird dieselbe die Achse im Puncte F schneiden.

Damit ihr nun einen analytischen Ausdruck für diesen Punct F oder vielmehr für A F die Entfernung dieses Puncts vom Spiegel findet, so könnet ihr also folgern. Weil O M sehr nahe bey der Achse O A einfällt, so kann man ohne merklichen Fehler O A = O M, und F A = F M, und C M = C A annehmen (§. 25.) Ferner ist der Winkel C M E das Complement des Winkels C M O: und weil C M E = O M G = G M D = F M C, so ist auch F M C das Complement des Winkels C M O. Nun dieses vorausgesetzt hat man im Triangel C M O folgende Proportion:

C O : M O : : Sinus C M O : Sin. M C O

Denn es ist ein allgemeiner Lehrsatz der Trigonometrie: die Sinus der Winkeln verhalten sich wie die entgegengesetzten Seiten. Es hat aber ein jeder stumpfer Winkel eben den Sinus, den sein Complement hat, wie abermal aus der Trigonometrie bekannt ist.

Man hat also

C O : M O : : Sin. F M C : Sin. M C O oder M C F.

Im Triangel F M C hat man

F C : F M Sin. F M C : Sin. M C F.

folglich ist C O : M O : : F C : F M.

Machet nun folgende Benennungen.

Es sey { C A oder C M = r; O A oder O M = d; F A oder F M = f }

Es wird seyn { C O = C A + A O = d + r; F C = A C — A F = r — f }

Wenn ihr diese Werthe in der zuletzt gefundenen Proportion anstatt der Linien setzet, so bekommet ihr

d + r : d : : r — f : f

folglich ist d f + r f = d r — d f hie-

hieraus entsteht $f = \frac{dr}{2d + r}$

Weil nun alle diese Folgerungen bey einem jeden andern nahe bey der Achse einfallenden Stral können gemacht werden, so folget, daß alle aus dem Puncte O sehr nahe um die Achse auf den Spiegel fallende Stralen nach der Zurückwerfung eine solche Richtung bekommen, als wenn sie aus dem Puncte F eben dieser Achse ausgefahren wären. Ich sage, aus dem Puncte F, verstehe aber nicht einen mathematischen sonder Physischen Punct; denn weil die Stralen nicht unendlich nahe bey der Achse einfallen, so sind unsere Voraussetzungen, die wir gemacht haben, nicht nach der mathematischen Schärfe wahr. Die Linie O A, zum Beyspiel, ist nicht vollkommen gleich O M, und A F nicht vollkommen gleich F M. Die zurückgeworfenen Stralen wurden sich also nicht in einem mathematischen Puncte durchschneiden, sonder bey F einen Cirkel gestalten, welcher aber, wenn nur die Stralen noch sehr nahe bey der Achse einfallen, so klein ist, daß er für einen Punct kann gehalten werden.

Wenn demnach r der Radius der Krümmung eines Spiegels, und d die Entfernung eines stralenden Puncts bekannt ist, so läßt sich daraus leicht herleiten die Entfernung des Puncts F, in welchem sich die aus O auf den Spiegel gefallenen und von ihm zurückgeworfenen Stralen vereinigen. Und diese Auflösung ist allgemein, für alle Gattungen der Stralen, und für fast alle Gattungen der Spiegel: sie ist also das Fundament der ganzen Catoptrick. Wie sie auf Concav- und Plan-Spiegel könne angewendet werden, wollen wir weiter unten sehen: jetzt wollen wir diese allgemeine Formel auf verschiedene Fälle, die in einem Convexspiegel vorkommen können, anwenden, und sonder-

heit-

heitliche Regeln für die verschiedenen Fälle herauszie-hen.

Erster Fall.

29. **Für divergierend einfallende Stralen.** Wenn die Stralen, welche auf den Spiegel fallen, von einem Puncte O ausfahren, und also divergierend auf den Spiegel fallen, so dienet den Focus zu finden die oben gefundene allgemeine Formel

$$f = \frac{d\,r}{2\,d + r}.$$

In dieser Formel besteht so wohl der Numerator als Denominator aus lauter positiven Größen, der Werth von f ist also immer positiv, es mag die Entfernung des stralenden Puncts und der Radius der Krümmung, so klein oder groß seyn, als er immer will: das ist, der Focus ist immer auf jener Seite, auf der wir ihn in Auflösung der Aufgabe angenommen hatten, nämlich hinter dem Spiegel.

30. **Anmerkung.** Die von einem Converspiegel zurückgeworfenen Stralen kommen in der That niemal in einem Puncte zusammen, sondern sie würden nur zusammen kommen, wenn sie rückwerths hinter dem Spiegel ausgezogen würden. Ein Converspiegel hat also keinen wahren oder wirklichen Focus oder Brennpunct, sondern nur einen eingebildeten. Diesen eingebildeten Focus, in dem sich die Stralen, wenn sie sollten ausgezogen werden, vereinigen würden, pflegt man einen **Virtualfocus** zu nennen.

31. Wenn wir $d = \frac{1}{2} r$ setzen, so wird die allgemeine Formel in diese verwandelt.

$$f = \frac{\frac{1}{2} r\, r}{2\, r} = \frac{r^2}{4r} = \frac{r}{4}$$

Wenn

Wenn $d = r$ so ist $f = \frac{r^2}{3r} = \frac{r}{3}$

Wenn $d = 2r$, so ist $f = \frac{2r^2}{5r} = \frac{2r}{5} = \frac{r}{2.5}$

Wenn $d = 3r$, so ist $f = \frac{4r^2}{7r} = \frac{4r}{7} = \frac{r}{1.075}$

Weil also bey zunehmender Entfernung des Objects vom Spiegel, der Numerator des Bruchs immer der alte bleibt, der Denominator aber immer abnimmt, so ist klar, daß der Werth des Bruchs immer wächst, und folglich der Focus immer weiter hinter den Spiegel rückt, je weiter das Object sich vom selben entfernet.

32. Wenn die Formel $f = \frac{dr}{2d + r}$ mit Worten ausgesprochen wird, so entsteht den Focus für divergierend auf einen Converspiegel fallende Stralen zu finden folgende

Regel.

Multiplicieret die Entfernung des stralenden Puncts durch den Radius des Converspiegels: nehmet eben diese Entfernung doppelt: addieret den Radius dazu: dividieret jenes Product durch diese Summe: der Quotient ist die Entfernung des Focus.

Exempel.

Es sey r der Radius des Converspiegels 7 Zolle: d die Entfernung des stralenden Puncts 8 Zolle. Wo wird der Focus seyn?

Ihr habet $f = \frac{dr}{2d+r} = \frac{8 \times 7}{16+7} = \frac{56}{23} = 2.435$ bey nahe.

33. Anmerkung. Alle Formeln, welche wir inskünftige finden werden, können auf gleiche Art mit Worten ausgesprochen und in eine Regel verwandelt werden. Weil aber diese Regel schon in der Formel enthalten ist, und von einem jeden, der nur die ersten Anfangsgründe der Algebra inne hat, leicht selbst kann herausgezogen werden, so will ich Kürze halber die Regel nicht mehr ansetzen: doch werde ich nicht unterlassen jederzeit ein Exempel beyzufügen.

34. Zweyter Fall für Parallelstralen. Wenn die auf den Spiegel fallenden Stralen untereinander parallel sind, so muß man sich vorstellen, als wenn sie von einem unendlich weit vom Spiegel entfernten Puncte ausgeflossen wären. Es wird hiemit in diesem Falle $d = \infty$, und die allgemeine Formel $f = \frac{dr}{2d+r}$ verwandelt sich in diese:

$$f = \frac{\infty r}{2\infty} = \frac{r}{2}.$$

Für parallel auf einen Converspiegel fallende Stralen ist also der Focus den halben Radius weit hinter dem Spiegel.

35. Weil also der Focus immer weiter hinter den Spiegel rückt, je weiter der stralende Punct vom Spiegel sich entfernet, (§. 31.) und dennoch bey unendlicher Entfernung des Objects der Focus erst den halben Radius weit hinter dem Spiegel sich befindet, so folget,

daß

daß die Hälfte des Radius der gröste Focus sey, den man bey einem Converspiegel durch divergierende oder auch parallele Stralen erhalten kann.

36. **Anmerkung.** Wenn die Entfernung des stralenden Puncts verändert wird, so verändert sich auch der Focus (§. 31.) Wenn man also fraget: was hat dieser oder jener Spiegel für einen Focus? so kann diese Frage nicht beantwortet werden, man setze dann eine gewiße Entfernung des stralenden Puncts zum voraus. Nun diese bey dieser Frage zum voraus gesetzte Entfernung ist die unendliche. Wenn man also fraget; was hat dieser Spiegel für einen Focus, so ist der Verstand dieser Frage, wo werden parallel auf diesen Spiegel fallende Stralen vereiniget: und dieses ist von allen Gattungen der Spiegeln und Gläsern zu verstehen, welches ihr dann wohl merken müßet.

37. **Dritter Fall: für convergierend einfallende Stralen.** Wenn die von einem Puncte ausgeflossenen Stralen, vor sie zum Spiegel kommen, durch was immer für ein Mittel convergierend sind gemacht worden, so zielen alle gegen einem Puncte der hinter dem Spiegel liegt. Dieser Punct, wird alsdenn als der stralende Punct betrachtet, und die Entfernung dieses Puncts vom Spiegel bekömmt ein negatives Zeichen, weil der Punct auf der andern Seite des Spiegels liegt, als wir in Auflösung unserer Aufgabe (§. 28.) angenommen hatten. Die allgemeine Formel $f = \frac{dr}{2d+r}$ wird hiemit in diese Verwandelt

$$f = \frac{-dr}{-2d+r} = \frac{dr}{2d-r}.$$

In dieser Formel ist der Numerator positiv, der De-

nu-

nominator besteht aus zween Theilen, derer einer positiv, der andere negativ. Wenn 2 d größer als r, das ist, wenn d größer als $\frac{1}{2}$ r, so wird der ganze Denominator eine positive Größe, und eben darum der Werth des ganzen Bruchs, oder der Werth von f positiv seyn. Wenn 2 d gleich r, oder $d = \frac{1}{2} r$, so wird der Denominator gleich 0, und folglich der Werth von f unendlich groß seyn. Wenn 2 d kleiner als r, oder d kleiner als $\frac{1}{2}$ r, so wird der Denominator eine negative Größe, und eben darum auch der Werth von f negativ seyn. Es kann also in diesem Falle convergierend einfallender Stralen der Focus hinter dem Spiegel, nirgend wo, oder vor dem Spiegel seyn. Hinter dem Spiegel ist er, wenn die Stralen also convergierend einfallen, daß sie erst in einer solchen Entfernung hinter dem Spiegel, die größer als der halbe Radius desselben ist, sich vereinigen würden: nirgendwo ist er, oder was eines ist, die Stralen werden parallel zurückgeworfen, wenn die convergierend einfallende Stralen, sich eben in der Entfernung des halben Radius hinter dem Spiegel vereinigen wurden. Vor dem Spiegel ist er, wenn diese Vereinigung der convergierend einfallenden Stralen, sich noch vor der Entfernung des halben Radius, ereignen würde.

Exempel.

Der Radius des Convexspiegels sey 7 Zolle: die Stralen fallen also convergierend ein, daß sie gegen einem 3 Zolle hinter dem Spiegel liegenden Puncte zielen. Wo wird der Focus seyn?

Wir haben $r = 7$ und $d = 3$ folglich ist

$$f = \frac{d\,r}{2d - r} = \frac{3 \times 7}{6 - 7} = \frac{21}{-1} = -21$$ der Focus wird also 21 Zolle weit vor dem Spiegel seyn.

Zweytes Exempel.

Der Radius des Converspiegels sey wie zuvor 7 Zolle: die convergierend einfallenden Stralen zielen gegen einen 3 und einen halben Zolle, oder 3.5 Zolle hinter dem Spiegel liegenden Puncte. Wo ist der Focus?

Wir haben $r = 7$, und $d = 3.5$

folglich ist $f = \frac{dr}{2d - r} = \frac{3.5 \times 7}{7 - 7} = \frac{24.5}{0} = \infty$.

Der Focus ist also erst in unendlicher Entfernung, das ist nirgends: die Stralen springen vom Spiegel parallel zurück.

Drittes Exempel.

Der Radius des Spiegels sey 7 Zolle: die einfallenden Stralen zielen nach einem 4 Zolle weit hinter dem Spiegel gelegenen Puncte. Wo wird der Focus seyn?

Wir haben $r = 7$, und $d = 4$

folglich ist $f = \frac{dr}{2d - r} = \frac{4 \times 7}{8 - 7} = \frac{28}{1} = 28$;

der Focus ist also 28 Zolle weit hinter dem Spiegel.

Anwendung auf Concavspiegel.

38. Bey einem Converspiegel liegt der Radius hinter dem Spiegel, bey einem Concavspiegel ist er vor demselben. Weil wir also den Radius eines Converspiegels mit $+ r$ benennet haben, so muß der Radius eines Concavspiegels das entgegengesetzte Zeichen bekommen, und mit $- r$ benennet werden. Hiedurch wird die allgemeine Formel

$f = \frac{dr}{2d + r}$ in diese verwandelt $f = \frac{-dr}{2d - r} = \frac{dr}{r - 2d}$.

Spengler.

Und aus dieser Formel lassen sich sonderheitliche Regeln für alle Gattungen der auf Concavspiegel fallenden Stralen herleiten.

39. **Erster Fall: für divergierende Stralen.** In diesem Falle dienet uns die eben angezeigte Formel.

$$f = \frac{dr}{r - 2d}$$

Lasset uns diese Formel etwas genauer betrachten. Der Numerator ist positiv: der Denominator bestehet aus zween Theilen, einem positiven und einem negativen. Ist der negative Theil kleiner als der positive, das ist, wenn $2d$ kleiner als r, oder d kleiner als $\frac{1}{2}r$, so wird der ganze Denominator positiv, und eben darum der Werth des ganzen Bruchs gleichfalls positiv, und folglich der Focus hinter dem Spiegel seyn (denn in der ersten allgemeinen Auflösung (§. 28.) haben wir die Entfernung des Focus hinter dem Spiegel mit $+f$ benennet) Wird der negative Theil dem positiven gleich, das ist $d = \frac{1}{2}r$, so ist der Denominator gleich o. Der Werth von f ist hiemit unendlich groß: der Focus ist erst im unendlichen, das ist nirgends. Uebertrift der negative Theil den positiven, oder ist d größer als $\frac{1}{2}r$, so wird der Denominator und eben darum der Werth des ganzen Bruchs, oder f negativ: der Focus gestaltet sich also vor dem Spiegel. Hieraus folget: so lang die Entfernung des stralenden Puncts kleiner ist als der halbe Radius, so lang ist der Focus hinter dem Spiegel: ist diese Entfernung dem halben Radius gleich, so werden die Stralen parallel zurückgeworfen, es giebt nirgends keinen Focus: ist diese Entfernung größer als der halbe Radius, so ist der Focus vor dem Spiegel.

Ferner, wenn der stralende Punct anfänglich auf dem

Hohlspiegel liegt, und sich nach und nach von demselben entfernet, je größer anfänglich diese Entfernung d wird, desto kleiner wird immer der Denominator r — 2 d in Ansehung des Numerators d r. Der Werth des ganzen Bruchs wird also immer größer, bis er endlich, wenn $d = \frac{1}{2} r$ geworden, unendlich groß wird. Wenn alsdenn die Entfernung d noch mehr zunimmt, so wird der Denominator negativ, und zwar immer größer in Ansehung des Numerators: der Werth des Bruchs wird also immer kleiner. Hieraus folget: wenn der stralende Punct sich vom Spiegel zu entfernen anfängt, so rückt der Focus immer weiter hinter den Spiegel, bis er endlich bey der Entfernung, die dem halben Radius gleich, unendlich weit hinter dem Spiegel sich befindet. Wächst die Entfernung noch mehr, so kömmt der Focus auf der andern Seite, das ist, vor dem Spiegel aus dem unendlichen herfür, und rückt immer näher zum Spiegel, je mehr die Entfernung wächst, bis er endlich, wenn der stralende Punct sich unendlich weit entfernet hat, einen halben Radius weit vor dem Spiegel gestaltet wird, wie wir bald hernach sehen werden.

Exempel.

Es sey der Radius eines Hohlspiegels 10. Zolle: die Entfernung des stralenden Puncts 4. Zolle. Wo ist der Focus?

Wir haben $r = 10$ und $d = 4$

folglich ist $f = \frac{d\,r}{r - 2\,d} = \frac{4 \times 10}{10 - 8} = \frac{40}{2} = 20$. Der Focus ist also 20. Zolle hinter dem Spiegel.

Zweytes Exempel.

Es sey der Radius wie zuvor 10 Zolle, die Entfernung des stralenden Puncts 7 Zolle: Wo ist der Focus?

Wir haben r = 10: und d = 7

folglich ist $f = \frac{d\,r}{r - 2\,d} = \frac{7 \times 10}{10 - 14} = \frac{70}{-4} = -17.5$

Der Focus ist also 17.5 Zolle vor dem Spiegel.

Drittes Exempel.

Der Radius sey wie zuvor 10 Zolle: die Entfernung des stralenden Puncts 8 Zolle, Wo ist der Focus?

Wir haben r = 10: und d = 8

folglich ist $f = \frac{d\,r}{r - 2\,d} = \frac{8 \times 10}{10 - 16} = \frac{80}{-6} = -13.33$

40. **Zweyter Fall: für Parallelstralen.** Wenn die Stralen parallel auf den Spiegel fallen, so muß man sich den stralenden Punct unendlich weit entfernet fürstellen. Die allgemeine Formel (§. 39.) $f = \frac{d\,r}{r - 2\,d}$ verändert sich hiemit in diese

$$f = \frac{\infty\, r}{-2\,\infty} = -\frac{r}{2}.$$

Der Focus ist also in diesem Falle vor dem Spiegel in der Entfernung des halben Radius.

41. **Dritter Fall: für convergierende Stralen.** Wenn die Stralen auf was immer für eine Art convergierend gemacht worden, also, daß sie nach einem gewißen Puncte hinter dem Spiegel zielen, so muß die Entfernung

die-

dieses Puncts hinter dem Spiegel als die Entfernung des stralenden Puncts angesehen werden, sie muß aber mit entgegen gesetztem Zeichen genommen werden, weil sie auf der andern Seite des Spiegels liegt, als in der allgemeinen Auflösung war angenommen worden. Mit einem Worte d wird in diesem Falle negativ. Die allgemeine Formel (§. 39.) für Concavspiegel veränderet sich also in diese $f = \frac{-dr}{r+2d}$. In dieser Formel ist der Werth von f immer negativ: der Focus ist also immer vor dem Spiegel.

Exempel.

Es sey der Radius des Hohlspiegels 10 Zolle. Die Stralen fallen also convergierend ein, daß sie gegen einem 5 Zolle hinter dem Spiegel liegenden Puncte zielen. Wo ist der Focus?

Wir haben $r = 10$: und $d = 5$

folglich ist $f = \frac{-dr}{r+2d} = \frac{-5 \times 10}{10+10} = \frac{-50}{20} = -2.5$

42. **Anwendung auf Planspiegel.** Ein jeder Planspiegel kann betrachtet werden als ein Convex- oder auch als ein Concavspiegel, dessen Radius unendlich groß ist. Ihr möget nun die allgemeine Formel für einen Convexspiegel $f = \frac{dr}{2d+r}$, oder die für einen Concavspiegel $f = \frac{dr}{r-2d}$ für euch nehmen, und darinn $r = \infty$ setzen, so entsteht für Planspiegel diese Formel $f = \frac{\infty d}{\infty} = d$.

43. **Erster Fall: für divergierende Stralen.** In diesem Falle dienet uns die eben gefundene Formel $f = d$.

Es ist also der Focus eines vor einem Planspiegel gestellten stralenden Puncts in der aus selbem Puncte auf den Planspiegel gefällten perpendicular Linie, (§. 27.) eben so weit hinter dem Spiegel als der stralende Punct vor dem Spiegel steht.

44. **Zweyter Fall: für Parallelstralen.** In diesem Falle ist $d = \infty$, es wird also $f = \infty$.

Parallel auf einen Planspiegel fallende Stralen sind also nach der Zurückwerfung wieder parallel.

45. **Dritter Fall: für convergierende Stralen.** In diesem Falle ist d negativ. Es wird also $f = -d$.

Der Focus divergierend einfallender Stralen ist also so weit vor dem Spiegel, so weit der Punct, nach dem sie zielen, hinter dem Spiegel liegt.

46. Ich will hier die allgemeinen Formeln für alle Gattungen der Spiegel, und für alle Gattungen der einfallenden Stralen beysetzen, damit wir sie alle zugleich vor Augen haben, und in jedem Falle die gehörige Formel alsogleich zu finden wissen.

Für Converspiegel.

Für divergierende Stralen. . . . . $f = \frac{d\,r}{2\,d + r}$

Für Parallelstralen. . . . . $f = \frac{r}{2}$

Für convergierende. . . . . $f = \frac{d\,r}{2\,d - r}$

Für Hohlspiegel.

Für divergierende Stralen. . . . . $f = \frac{d\,r}{r - 2\,d}$

Für Parallelstralen. . . . . $f = -\frac{r}{2}$

Für convergierende. . . . . $f = \frac{-\,d\,r}{r + 2\,d}$

Für Planspiegel.

Für divergierende Stralen. . . . . $f = d$

Für Parallelstralen. . . . . $f = \infty$

Für convergierende Stralen. . . . . $f = -\,d$

47. Wir haben bisher die allgemeine Formeln gebrauchet, in was immer für einem Falle aus dem gegebenen Radius des Spiegels und aus der gleichfalls gegebenen Entfernung des stralenden Puncts den Focus zu finden. Es wird aber ein jeder leicht einsehen, daß eben diese Formeln auch dienen, wenn der Focus und eines aus den zweyen andern Stücken gegeben sind, das dritte zu finden. Es wird genug seyn, wenn ich dieses in einem oder anderem Exempel zeige.

Ihr habet einen Hohlspiegel, dessen Radius was immer für eine Größe r hat. Nun möchtet ihr wissen, wohin ihr einen stralenden Punct setzen müsset, daß sich sein Bild hinter dem Spiegel in einer gegebenen Entfernung gestalte. Nehmet die allgemeine Formel für Hohlspiegel $f = \frac{d\,r}{r - 2\,d}$ für die Hand. Suchet in dieser den Werth von d: ihr findrt $d = \frac{f\,r}{r + 2\,f}$.

Exempel.

Wir wollen setzen, der Radius des Hohlspiegels sey 12 Zolle. Das Bild soll 3 Zolle weit hinter dem Spiegel erscheinen. Wo muß man das Object hinstellen?

Wir haben $f = 3$ und $r = 12$. Folglich ist

$$d = \frac{f\,r}{r + 2f} = \frac{3 \times 12}{12 + 6} = \frac{36}{18} = 2.$$

Ihr müsset also das Object zween Zolle weit vor den Spiegel stellen, so wird sich sein Bild 3 Zolle hinter dem Spiegel gestalten.

Zweytes Exempel.

Ihr habet ferner einen Hohlspiegel, dessen Radius 12 Zolle: ihr möchtet ein gewißes Object vor dem Spiegel in der Entfernung von 8 Zollen abgebildet haben. Wohin muß das Object gestellet werden? Weil das Bild vor dem Spiegel erscheinen soll, so ist der Werth von f negativ. Ihr habet also $f = -8$, und $r = 12$. Hieraus entsteht

$$d = \frac{f\,r}{r + 2f} = \frac{-8 \times 12}{12 - 16} = \frac{-96}{-4} = 24.$$

Wenn ihr also das Object 24 Zolle weit vor dem Spiegel stellet, so wird sein Bild gleichfalls vor dem Spiegel in der Entfernung von 8 Zollen in der Luft schwebend erscheinen.

Drittes Exempel.

Ihr habet einen Hohlspiegel, dessen Radius euch unbekannt: ihr habet aber erfahren, daß, wenn ihr ein Object 24 Zolle vor dem Spiegel setzet, sein Bild gleichfalls vor dem Spiegel in der Entfernung von 8 Zollen erscheinet. Wie groß ist nun der Radius des Spiegels?

Su-

Suchet in der allgemeinen Formel für Concavspiegel $f = \frac{dr}{r-2d}$ den Werth von r, ihr findet $r = \frac{2df}{f-d}$. Weil nun das Bild vor dem Spiegel erscheinet, so ist f negativ: setzet also für f die Zahl — 8, für d die Zahl 24, so bekommet ihr $r = \frac{2 \times 24 \times -8}{-8-24} = \frac{-384}{-32} = 12$. Der Radius des Spiegels beträgt also 12 Zolle.

Zweyter Abschnitt.

Von den Bildern, die durch die Spiegel gestaltet werden.

48. Wenn die Stralen, die von einem Puncte ausgefahren sind, wieder in einem Puncte irgendwo zusammen kommen, so wird eben dort das Bild jenes stralenden Puncts entworfen. Wenn also die Stralen, die von einem aus mehrern Puncten zusammen gesetzten Objecte ausfahren, wieder also versammelt werden, daß die, welche von einem Puncte ausgefahren sind, wieder in einem Puncte zusammenkommen, und die Stralen eines Puncts mit den Stralen eines andern nicht vermischet werden, und wenn endlich diese Bilder aller einzelner Puncte ihrer Lage nach eben jene Proportion gegen einander haben als die abgebildeten Puncte, so werden wir eine deutliche und getreue Abbildung des ganzen zusammengesetzten Objects haben. Dieses Bild wird größer oder kleiner als das Object seyn, nachdem die Bilder der äußersten Puncte entweders weiter von einander, oder näher bey einander sind, als die Puncte selbst, welche sie fürstellen. Das Bild wird aufrecht seyn, wenn die Bilder der Puncte eben jene Stellung gegen ein-

ander haben, als die Puncte selbst, das ist, wenn das Bild des obersten Puncts zu oberst, des untersten zu unterst, des rechts liegenden rechter Hand, des zur linken stehenden linkerhand entworfen wird: geschieht aber das Gegentheil, so ist das Bild verkehrt.

Nun haben wir im vorhergehenden Abschnitte gesehen, daß die von einem Puncte ausfahrenden Stralen, wenn sie auf einen Spiegel fallen, gemeiniglich nach der Zurückwerfung wieder in einem Puncte ihrer Achse vereiniget werden, und also ein Bild des Puncts, von dem sie ausgeflossen sind, allda gestalten. Weil also ein jeder Punct des Objects eine besondere Achse hat, so müssen die Bilder einzelner Puncte nicht mit einander vermischt, sonder ein jedes besonders und folglich auch ganze aus mehrern Theilen zusammen gesetzte Objecte deutlich entworfen werden. Wir wollen nun untersuchen, wie diese Bilder in verschiedenen Fällen beschaffen sind, ob sie größer oder kleiner als die Objecte, ob sie aufrecht oder verkehrt seyn müssen.

Fundamental Lehrsatz.

49. Wenn vor einem Convex oder Concavspiegel ein Cirkelbogen gestellet wird, der mit dem Spiegel das nämliche Centrum hat, so wird sein Bild ebenfalls ein concentrischer Cirkelbogen seyn. Dieses Bild wird aufrecht seyn, wenn es in Ansehung des Centrums auf der nämlichen Seite mit dem Objecte liegt. Es wird verkehrt seyn, wenn das Centrum zwischen dem Bilde und dem Objecte steht. Es wird größer seyn, wenn es weiter vom Centrum ist als das Object: es wird kleiner seyn, wenn es dem Centrum näher als das Object kömmt.

Die

Die Gräße des Bildes wird sich zur Größe des Objects verhalten wie die Entfernung des Bildes vom Centrum zu der Entfernung des Objects von eben demselben Centrum.

Nichts ist leichter, als alles dieses zu erweisen. Es sey (Fig. IX.) und X.) D A B ein kugelförmiger Spiegel, C sein Centrum, Q P O ein concentrischer vor dem Spiegel gestellter Cirkelbogen. Weil C das Centrum des Objects und des Spiegels ist, so werden die Linien C O, C P, C Q, wie auch die Linien C D, C A, C B einander gleich seyn. Es wird also in der IX. Figur auch C O + C B, P C + C A, Q C + C D, und in der X. Figur C O — C B, C P — C A, C Q — C D einander gleich seyn: das ist, alle Puncte des Objects werden eine gleiche Entfernung vom Spiegel haben. Sie werden also in einer ebenfalls gleichen Entfernung vom Spiegel abgebildet werden; weil die Entfernung des Bildes bey dem nämlichen Spiegel ganz allein von der Entfernung des Objects abhängt. Die Linien D q, A p und B o sind hiemit einander gleich: wenn also diese von den gleichen Radiis abgezogen werden, so bleiben die Reste c q, c p und c o einander ebenfalls gleich. Das Bild q p o ist also ein Cirkelbogen, welcher C für sein Centrum hat.

Wenn das Centrum C (Fig. IX.) zwischen dem Objecte und dem Bilde liegt, so wird der unten liegende Punct Q oben in q (nämlich in seiner Achse) der oben liegende Punct O unten in o entworfen: das Bild ist also verkehrt. Liegt das Bild und das Object auf einer Seite in Ansehung des Centrums (Fig. X.) so wird der obere Punct O oben in o, der untere Q unten in q entworfen, das Bild ist hiemit aufrecht. Die ähnlichen Cirkelbögen

ver-

verhalten sich wie ihre Radii. Es ist also q o zu Q O wie C p zu C P: das ist die Größe des Bildes verhält sich zur Größe des Objects wie die Entfernung des Bildes vom Centrum zur Entfernung des Objects von eben demselben Centrum.

50. Anmerkung. Dieser Lehrsatz beziehet sich eigentlich nur auf solche Objecte, welche cirkelförmig sind, und mit dem Spiegel, dem sie ausgesetzet sind, einerley Centrum haben. Allein wenn ein geradlinichtes Object ziemlich klein ist, und der Radius des Spiegels eine merkliche Größe hat, so kann ein solches kleines Object ohne merklichen Fehler als mit dem Spiegel concentrisch angesehen werden, und läßt sich also auf dasselbe alles anwenden, was von concentrischen Objecten ist gesagt worden. Ist aber dieses Object in Ansehung des Concav oder Convexspiegels ziemlich groß, so wird sein Bild verstaltet werden, und zwar um so viel desto mehr, je größer das Object in Ansehung des Radius des Spiegels ist. Denn weil alsdenn die Puncte des Objects eine merklich verschiedene Entfernung vom Spiegel haben, so müssen auch ihre Bilder in merklich verschiedenen Entfernungen vom Spiegel entworfen werden. Nun aber sind diese Entfernungen der Bilder den Entfernungen der abgebildeten Puncte keineswegs proportional: wie zum Theile schon erhellet aus dem 31.ten §. und noch klärer einem jeden erscheinen wird, der für verschiedene Entfernungen des stralenden Puncts die verschiedenen Entfernungen ihrer Bilder, aus den oben angesetzten Formeln berechnen will. Diese Verstaltung muß absonderlich merkbar werden, wenn das Object einem Hohlspiegel bey nahe in der Entfernung des halben Radius ausgesetzet ist; denn da verursachet ein kleiner Unterschied in der Entfernung verschiedener Puncte des Objects einen sehr großen

Un=

Unterschied in den Entfernungen ihrer Bilder: wie abermal ein jeder erfahren kann, der die Berechnung vornehmen will. Daher kömmt es, daß wenn jemand in einem Hohlspiegel sich betrachtet, er sich selbst ganz unkennbar wird, wenn er im Zurückgehen fast bis zur Entfernung des halben Radius des Spiegels kömmt.

Nun wollen wir die Anwendung des oben gesetzten Fundamental Lehrsatzes in verschiedenen Fällen für verschiedene Gattungen der Spiegel machen, und untersuchen, wo das Object werde abgebildet erscheinen, ob sein Bild aufrecht oder verkehrt, größer oder kleiner als das Object seyn werde.

Anwendung auf Concavspiegel.

51. Vor einem Concavspiegel, dessen Radius 12 Zolle beträgt, wird ein Object gestellt in der Entfernung von 3 Zollen. Wo wird es abgebildet werden? Wird dieses Bild aufrecht oder verkehrt, größer oder kleiner als das Object, und um wie viel größer oder kleiner erscheinen?

Die von einem jeden Puncte ausfahrenden Stralen fallen divergierend auf den Spiegel. Nun ist für divergierend auf einen Concavspiegel fallende Stralen (§. 46.) diese Formel $f = \frac{dr}{r-2d} = \frac{3 \times 12}{12-6} = \frac{36}{6} = 6.$

Der Focus ist hiemit positiv: das Object wird 6 Zolle weit hinter dem Spiegel abgebildet. Weil das Object zwischen dem Centro und dem Spiegel steht, so befindet sich das Object und sein Bild auf der nämlichen Seite in Ansehung des Centrums: das Bild ist hiemit aufrecht. Das Bild ist 6 Zolle hinter dem Spiegel; vom Spiegel bis zum Centrum sind 12. Zolle. Das Bild ist also 18 Zol-

le

le vom Centrum. Das Object hingegen ist 12 — 3 oder 9 Zolle vom Centrum; denn es ist demselben um 3 Zolle näher als der Spiegel, und vom Spiegel bis zum Centrum sind 12 Zolle. Die Größe des Bildes verhält sich also zur Größe des Objects wie 18 zu 9 oder wie 2 zu 1: Es erscheinet nämlich zweymal größer als es wirklich ist. Diese Vergrößerung ist aber vom Durchmesser oder von einer jeden Dimension des Objects zu verstehen. Wolltet ihr die Vergrößerung des Objects nach seiner ganzen Oberfläche haben, so müßet ihr die Vergrößerung des Durchmessers zum Quadrat erheben; Denn ähnliche Flächen verhalten sich wie die Quadrate ihrer Durchmesser. Das Object wird also in diesem Falle in Betrachtung seiner ganzen Oberfläche 2 × 2 oder 4mal vergrößert.

Zweytes Exempel.

Ein Hohlspiegel hat im Radius 6 Zolle. In der Entfernung von 5 Zollen wird ein Object gestellet. Wo und wie wird sein Bild erscheinen?

Ihr habet $f = \frac{dr}{r-2d} = \frac{5 \times 6}{6-10} = \frac{30}{-4} = -7.5$

Das Bild erscheinet also $7\frac{1}{2}$ Zolle weit vor dem Spiegel. Das Centrum liegt hiemit zwischen dem Object und dem Bild. Das Bild ist folglich verkehrt. Das Object steht einen Zoll weit vom Centrum, das Bild $1\frac{1}{2}$ Zolle. Der Durchmesser des Bilds verhält sich also zum Durchmesser des Objects wie $1\frac{1}{2}$ zu 1, oder wie $\frac{3}{2}$ zu 1: die ganze Oberfläche des Bilds zur Oberfläche des Objects wie $\frac{3}{2} \times \frac{3}{2}$ zu 1×1, oder wie $\frac{9}{4}$ zu 1, oder endlich wie $2\frac{1}{2}$ zu 1.

Drittes Exempel.

Ein Object wird in der Entfernung von 20 Zollen vor einen Hohlspiegel gestellet, dessen Radius 6 Zolle groß ist. Wo und wie wird das Bild erscheinen?

Ihr habet $f = \frac{dr}{r-2d} = \frac{20\times 6}{6-40} = \frac{120}{-34} = -3\frac{9}{17}$

Das Bild wird $3\frac{9}{17}$ oder bey nahe 3.5 Zolle weit außer dem Spiegel erscheinen, und weil das Centrum zwischen dem Object und dem Bild liegt, so muß das Bild verkehrt seyn. Das Object ist 20 — 6 oder 14 Zolle weit vom Centrum: das Bild aber 6 — 3.5, das ist 2.5 Zolle. Das Bild muß also kleiner seyn als das Object, und zwar in der Verhältniße des Quadrats von 2.5 zum Quadrate von 14. Das ist das Bild wird sich zum Object verhalten wie 2.5×2.5 zu 14×14 oder wie 6.25 zu 196.

Viertes Exempel.

Ein Hohlspiegel, dessen Radius 6 Zolle groß, wird der Sonne ausgesetzet. Wo wird die Sonne abgebildet werden?

Weil die Sonne, so zu sagen, unendlich weit von dem Spiegel entfernet ist, so kann man die von jedem Puncte ausfahrenden Stralen als parallel ansehen. Nun aber ist für Parallelstralen diese Formel (§.46.) $f = \frac{r}{2} = \frac{6}{2} = -3$. Das Bild der Sonne wird also 3 Zolle vor dem Spiegel erscheinen. Weil aber die Sonne unvergleichlich weiter als dieses Bild von dem Centrum des Spiegels entfernet ist, so wird dieses Bild unvergleichlich kleiner als sie, ja gleichsam als ein Punct erscheinen. Und

eben

eben daher wird das Ort dieses Bilds, in welchem nämlich alle von der ganzen Sonne auf den ganzen Spiegel gefallenen Stralen versammelt werden, und eine sehr große Hitze erwecken, der Brennpunct des Spiegels genennet.

Anwendung auf Converspiegel.

52. Bey Converspiegeln ist der Focus divergierend oder parallel einfallender Stralen allezeit positiv: (§. 29.) Das Bild erscheinet hiemit allezeit hinter dem Spiegel. Dieses entfernet sich aber niemal so weit hinter demselben, daß es bis zum Centrum des Spiegels kommet. (§. 30.) Es liegen also das Object und das Bild immer auf einer Seite in Ansehung des Centrums: das Bild kömmt aber jederzeit näher zum Centrum als das Object. Jenes muß derowegen jederzeit aufrecht aber kleiner als dieses erscheinen. Es wird demnach genug seyn, wenn ich ein einziges Exempel von dieser Gattung anführe.

Ein Object wird einem Converspiegel, dessen Radius 3 Zolle groß ist, ausgesetzet in der Entfernung von 6 Zollen. Wo und wie wird sein Bild erscheinen?

Die allgemeine Formel für Converspiegel ist

$$f = \frac{dr}{2d+r} = \frac{6\times3}{12+3} = \frac{18}{15} = 1.2.$$

Es wird also das Object 1.2 Zolle hinter dem Spiegel erscheinen. Das Object ist 6+3 oder 9 Zolle vom Centrum entfernet, sein Bild aber nur 6 — 1.2 oder 4.8 Zolle. Es wird sich also die Größe des Objects zur Größe des Bildes verhalten, wie das Quadrat von 9 zum Quadrate von 4.8 das ist, wie 81 zu 23.04.

Bey convergierend auf einen Converspiegel fallenden Stralen kann der Focus positiv, und negativ werden (§. 37.)

(§. 37.) das Bild kann sich also vor oder hinter dem Spiegel gestalten.

Erstes Exempel.

Die Stralen eines vor einem Converspiegel, dessen Radius 100 Linien beträgt, gestellten Objects werden, ehe sie auf den Spiegel fallen, durch ein dazwischen gestelltes Converglas also convergierend gemacht, daß sie sich 49 Linien weit hinter dem Spiegel vereinigen wurden. Wo wird nach der Reflexion dessen Bild seyn?

Die allgemine Formel für convergierend auf einen Converspiegel faliende Stralen ist (§. 46.)

$$f = \frac{d\,r}{2\,d - r} = \frac{49 \times 100}{98 - 100} = \frac{4900}{-2} = -2450.$$

Das Bild wird sich also außer dem Spiegel in der Entfernung von 2450 Linien entwerfen.

Zweytes Exempel.

Setzen wir, die Stralen seyen bey eben demselben Spiegel also convergierend gemacht worden, daß sie sich 51 Linien hinter demselben vereinigen wurden.

Ihr habet $f = \frac{d\,r}{2\,d - r} = \frac{51 \times 100}{102 - 100} = \frac{5100}{2} = 2550.$

Das Bild wird sich also in diesem Falle 2550 Linien weit hinter dem Spiegel gestalten. Die Größe dieses Bildes in diesem und in dem vorhergehenden Exempel können wir jetz nicht bestimmen, weil sie auch von der Wirkung des Converglases abhängt.

Anwendung auf Planspiegel.

53. Der Focus divergierend auf einen Planspiegel fallen.

lender Stralen ist jederzeit so weit hinter dem Spiegel, als der stralende Punct vor demselben ist. (§. 43.) Und weil das Centrum eines Planspiegels unendlich weit hinter dem Spiegel entfernet angenommen werden kann, so sind in diesem Falle das Object und das Bild auf der nämlichen Seite in Ansehung des Centrums. Das Bild ist also aufrecht. Und weil die Entfernung des Bildes vom Objecte in Ansehung der unendlichen Entfernung des Centrums verschwindet, und für nichts zu halten ist, so sind beyde das Object und sein Bild gleich weit vom Centrum entfernet: das Bild ist hiemit eben so groß, als das Object. Es ist also nicht nothwendig hierinn einige Exempel anzuführen.

54. Parallel einfallende Stralen werden wieder parallel zurückgeworfen, und gestalten also das Bild erst im unendlichen, das ist nirgends.

55. Convergierende Stralen versammeln sich nach der Zurückwerfung eben so weit vor dem Spiegel, als weit hinter demselben sie sich vereinigen würden, wenn sie ungehinderet fortfahren könnten. Es hat also auch in diesen Fällen das Ort des Bildes zu finden keines Rechnens nöthig.

Zwey=

Zweytes Capitel.

Von der Dioptrick.

Erster Abschnitt.

Aufgabe.

56. **Wenn der Radius einer kugelförmigen Oberfläche** B A I (Fig. XI.) **die Entfernung** O A **eines stralenden Puncts von dieser Oberfläche, und das Verhältniß des Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des gebrochenen gegeben sind, den Punct** P **finden, in dem sich die Stralen nach der Brechung vereinigen werden.**

Wir wollen setzen, der Sinus des Einfallswinkels verhalte sich zum Sinus des gebrochenen wie p zu q. Aus dem Puncte O ziehet durch das Centrum K der brechenden Oberfläche eine gerade Linie O A K P als die Achse dieser brechenden kugelförmigen Oberfläche. O I sey ein sehr nahe bey der Achse auf dieselbe Oberfläche fallender Stral. Ziehet aus dem Centrum K die Linie K I, so ist O I N, oder auch K I G der Einfallswinkel. Lasset auf den verlängerten Stral O I eine Perpendicularlinie K G fallen: diese wird den Sinus des Einfallswinkels K I G fürstellen, wenn I K als der Radius angenommen wird. Saget: wie sich p verhält zu q, so verhält sich K G zu einem vierten Glied K H. Nehmet dieses als den Radius, und beschreibet damit einen kleinen Cirkelbogen aus dem Puncte K. Ziehet aus I eine gerade Linie, die diesen Bogen berühret. Der

Punct P, in welchem eben diese Linie der Achse begegnet, wird der verlangte Punct seyn. Denn weil K H den Sinus des gebrochenen Winkels K I H fürstellet, so muß I P der gebrochene Stral seyn: und weil für alle Stralen, die aus dem Puncte O sehr nahe um die Achse auf die brechende Oberfläche fallen, alles auf die nämliche Art wiederholet werden kann, so ist P der Punct, in welchem alle diese Stralen vereiniget werden.

Damit ihr nun einen Analytischen Ausdruck für A P findet, so setzet,

Es sey $\begin{cases} A K = K I = r \\ A O = O I = d \\ A P = f \end{cases}$

Es wird seyn $\begin{cases} K P = A P - A K = f - r \\ O K = A O + A K = d + r \\ K G = p \\ K H = q \end{cases}$

Weil der Bogen A I sehr klein ist, so kann er als eine gerade auf A O, oder auch auf O I perpendicular stehende, und folglich mit K G parallele Linie angesehen werden. A O I und O K G sind also ähnliche Triangel. Eben aus dieser Ursache sind A P I und P K H einander ähnlich. Es entstehen also folgende zwo Proportionen.

$$O K : O A :: K G : A I.$$

$$\text{und } K H : A I :: K P : P A.$$

$$\text{Die erste giebt } A I = \frac{O A \times K G}{O K}.$$

Und wenn ihr diesen Werth in der zweyten anstatt A I

setzet,

so entsteht $KH : \frac{OA \times KG}{OK} :: KP : PA$.

folglich ist $PA = \frac{OA \times KG \times KP}{OK \times KH}$.

Wenn ihr nun die analytischen Ausdrücke anstatt der Linien setzet, so habet ihr

$$f = \frac{d \times p \times f - r}{\overline{d + r} \times q} = \frac{dpf - dpr}{dq + qr}.$$

Hieraus fließt $dqf + qrf = dpf - dpr$

und $dqf + rqf - dpf = -dpr$

oder $dpf - dqf - rqf = dpr$

und endlich $f = \frac{dpr}{dp - dq - rq}$.

57. Wenn die brechende Oberfläche gegen den einfallenden Stral hohl ist, so liegt der Radius auf der nämlichen Seite mit dem einfallenden Stral. Weil ihr also in der allgemeinen Auflösung den auf der entgegen gesetzten Seite liegenden Radius mit $+r$ benennet haben, so muß er in diesem Falle $-r$ heißen. Es werden also in der allgemeinen Formel $f = \frac{dpr}{dp - dq - rq}$ alle Glieder, in welchen r ein Factor ist, das Zeichen verändern. Hiedurch entsteht für concave brechende Oberflächen diese Formel

$$f = \frac{-dpr}{dp - dq + rq} = \frac{dpr}{dq - dp - rq}.$$

58. Wenn in diesen Formeln der Denominator eine negative Größe ist, so muß der ganze Bruch, das ist, der

Werth von f gleichfalls negativ werden; welches dann anzeiget, der Focus befinde sich nicht auf jener Seite der brechenden Oberfläche, auf welcher ihr denselben angenommen hattet, da ihr die Benennungen in der allgemeinen Aufgabe §. 56 machtet: das ist, nicht inner dem brechenden Körper, sonder außer demselben irgendwo in der verlängerten Linie A O. Und zwar für concave brechende Oberflächen muß bey divergierend aus einer dünnern Materie in eine dichtere fahrenden Stralen der Werth des Bruchs immer negativ seyn. Denn in diesem Falle ist p der Sinus des Einfallswinkels immer größer als q, der Sinus des gebrochenen (§. 15) Hiemit ist auch d p immer größer als d q. Weil also in der Formel $f = \frac{d\,p\,r}{d\,q - d\,p - q\,r}$ allein der Theil d q des Denominators positiv ist, so wird dieser von den negativen Theilen immer übertroffen, und bleibt also der ganze Denominator, und eben darum der Werth des Bruchs immer negativ. Wenn aber divergierende Lichtstraleu aus einer dichtern Materie in eine dünnere fahren, alsdenn ist p kleiner als q, (§. 17) folglich kann es leicht geschehen, daß der ganze Denominator positiv werde: in welchem Falle dann der Focus inner dem brechenden Körper seyn muß.

59. Wenn die einfallenden Stralen parallel sind, so muß man sich fürstellen, als wenn sie von einem unendlich entfernten Puncte ausgeflossen wären. Es wird also $d = \infty$.

Hiedurch wird die allgemeine Formel $f = \frac{d\,p\,r}{dp - dq - qr}$ für die convexen Oberflächen, in diese verwandelt

$f = \frac{\infty\,p\,r}{\infty\,p - \infty\,q} = \frac{p\,r}{p - q}$: und die Formel $\frac{d\,p\,r}{dq - dp - qr}$

für concave Oberflächen veränderet sich in diese

$$f = \frac{\infty p r}{\infty q - \infty p} = \frac{p r}{q - p}.$$

Wenn ihr diese Gleichungen in Analogien auflöset, so entstehen folgende

$p - q : p :: r : f$ für convexe Oberflächen.
$q - p : p :: r : f$ für concave.

Wenn also ein stralender Punct so weit entfernet ist, daß die von ihm auf eine brechende Oberfläche fallenden Stralen als parallel ohne merklichen Fehler können gehalten werden, so kann man den Focus leicht finden, indem man folgende Proportion machet: **wie sich der Unterschied zwischen dem Sinus des Einfallswinkels und zwischen dem Sinus des gebrochenen zum Sinus des Einfallswinkels verhält, so verhält sich der Radius der brechenden Oberfläche zum Focus.** Doch ist bey convexen und concaven brechenden Oberflächen dieser Unterschied, daß man im ersten Falle den Sinus des gebrochenen Winkels von dem Sinus des Einfallswinkels: im zweyten aber diesen von jenem abziehen muß, um den in der Analogie angezeigten Unterschied zu haben.

60. Wenn die brechende Oberfläche eben ist, so kann sie als ein Stück einer Kugel, derer Radius unendlich groß ist, angesehen werden. r ist also in diesem Falle $= \infty$. Ihr möget nun die Formel für convexe Oberflächen,

$$f = \frac{d p r}{d p - d q - r q}$$ oder die Formel

$$f = \frac{d p r}{d q - d p - r q}$$ für concave Oberflächen für

die Hand nehmen, und darinn ∞ anstatt r setzen, so entsteht für eine ebene Oberfläche und für divergierende Stra-

len diese Formel $f = \frac{\infty\, d\, p}{-\infty\, q} = \frac{d\, p}{-q}$. Wenn ihr diese Formel in eine Analogie auflöset, so findet ihr

$$q : p :: d : -f$$

Das ist der Sinus des gebrochenen Winkels verhält sich zum Sinus des Einfallswinkels wie die Entfernung des Objects zum Focus, welcher aber jederzeit außer der brechenden Oberfläche ist.

Man könnte noch mehrere dergleichen Folgen aus dieser allgemeinen Formel ziehen, in welchem sich ein jeder leicht selbst üben kann. Er wird daraus erkennen, daß fast alle Lehrsätze, welche man von der Brechung der Stralen durch eine convexe oder concave Oberfläche sonderheitlich zu beweisen pflegt, in dieser allgemeinen Formel enthalten sind.

Weil aber der mehreste Gebrauch der Dioptrick in dem besteht, daß man den Weeg der Lichtstralen bestimmet, da sie von dem Luft in das Glas, oder von dem Glas in den Luft fahren, so wollen wir noch die Anwendung auf diesen Fall machen.

61. Wenn das Licht aus dem Luft in das Glas fährt, so verhält sich p zu q beynahe wie 3 zu 2 (§. 15.) wir können also anstatt p und q diese Zahlen setzen. Die allgemeine Formel für die convexen Oberflächen $f = \frac{d\, p\, r}{d\, p - d\, q - r\, q}$ wird hiedurch in diese verwandelt $f = \frac{3\, d\, r}{3\, d - 2\, d - 2\, r} = \frac{3\, d\, r}{d - 2\, r}$ und die Formel für concave Oberflächen $f = \frac{d\, p\, r}{d\, q - d\, p - r\, q}$ in

die

dieſe $f = \frac{3dr}{2d - 3d - 2r} = \frac{3dr}{-d-2r}$

Setzen wir nun, es ſeyen zween unendlich weit ſich erſtreckende Raume, derer einer mit Luft, der andere mit Glas angefüllet iſt, und welche durch eine kugelförmige Oberfläche von einander geſchieden werden. Setzen wir ferner, es fahren einige divergierende Lichtſtralen vom Luft in das Glas. Laſſet uns ſehen, wo in verſchiedenen Fällen dieſe Stralen ſich vereinigen, oder wo ihr Focus ſeyn müße.

62. So lang d kleiner als 2 r iſt, ſo lang wird der Denominator unſerer Formel für convexe Oberflächen

$f = \frac{3dr}{d - 2r}$ negativ, und alſo der Focus nicht inner dem Glas ſonder außer demſelben ſeyn. Wenn alſo der ſtralende Punct nicht den ganzen Durchmeſſer weit von der brechenden convexen Oberfläche entfernet iſt, ſo giebt es keinen wahren Focus inner dem Glas, ſonder nur einen eingebildeten außer demſelben in dem Luft: das iſt, die Stralen ſind nach der Brechung noch nicht zuſammenlaufend, ſonder nur minder verlaufend als ſie zuvor waren.

63. Wenn $d = 2r$, ſo wird der Denominator unſerer Formel $= 0$. Der Werth von f iſt folglich unendlich groß. Wenn alſo der ſtralende Punct den ganzen Durchmeſſer weit entfernet iſt, ſo iſt der Focus in unendlicher Entfernung, das iſt, die Stralen ſind nach der Brechung parallel.

64. Wenn d größer als 2 r, ſo wird der Denominator und eben darum der Werth des ganzen Bruchs poſitiv:

sitiv: und um so viel kleiner je größer der Denominator ist, das ist, je mehr der Werth von d den Werth von 2 r übertrift. Wenn also der stralende Punct mehr als den Durchmesser weit von der brechenden convexen Oberfläche entfernet ist, so sind die Stralen nach der Brechung schon zusammenlaufend: es giebt einen wahren Focus inner dem Glas: dieser kömt immer näher zur brechenden Fläche, je weiter sich der stralende Punct von derselben entfernet.

65. Wenn d unendlich groß wird, so wird die allgemeine Formel $f = \frac{3\,d\,r}{d - 2\,r}$ in diese verwandelt

$f = \frac{3 \infty r}{\infty} = 3\,r$. Wenn also der stralende Punct unendlich entfernet ist, oder was eines ist, wenn parallele Stralen aus dem Luft in ein convexes Glas fallen, so werden sie nach der Brechung also zusammen laufen, daß sie sich im Glase in der Entfernung eines und eines halben Durchmessers in einem Puncte vereinigen: und dieser ist der kürzeste Focus, den man durch eine einfache Brechung erhalten kann.

66. Wir wollen nun setzen, das Glas, in welches der Stral aus dem Luft fährt, habe eine gegen die einfallende Stralen hohle Oberfläche. Die allgemeine Formel für divergierende Stralen ist $f = \frac{3\,d\,r}{-d - 2\,r}$ (§. 57.)

In dieser Formel ist der Denominator und folglich der Werth des ganzen Bruchs immer negativ. Es ist also

so

so der Focus immer auf der andern Seite, als er in der allgemeinen Auflösung war angenommen worden, das ist, er ist immer im Luft, niemal im Glase. Wenn also divergierende Stralen aus dem Luft in ein hohles Glas fahren, werden sie nach der Brechung niemal zusammenlaufend, das ist, es giebt keinen wahren, sonder nur einen Virtualfocus.

67. Wenn $d = r$ ist, so wird die obige Formel in diese verwandelt $f = \frac{3rr}{-r-2r} = \frac{3rr}{-3r} = -r$. Wenn also der stralende Punct im Centrum der hohlen Oberfläche steht, so ist der Virtualfocus in eben diesem Puncte, das ist, die Stralen werden im Eintritt in das Glas gar nicht gebrochen. Welches denn für sich selbst klar ist, weil in diesem Falle alle einfallende Stralen auf die brechende Oberfläche perpendicular sind.

68. Wenn $d = \infty$ ist, so wird die Formel also stehen $f = \frac{3\infty r}{-\infty} = -3r$. Wenn also der stralende Punct unendlich weit entfernet ist, das ist, wenn parallele Stralen auf ein hohles Glas aus dem Luft fallen, so ist der Virtualfocus im Luft 3 halbe Durchmesser weit von der brechenden Oberfläche.

Zweyter Abschnitt.

Wo der Focus durch eine doppelte Refraction gestaltet wird.

Im Gebrauch der Gläser leyden die Lichtstralen gemeiniglich eine zweyfache Brechung, eine im Eintritt in das

Glas

Glas, die andere, da sie wieder aus demselben in den Luft herausfahren.

Allgemeine Aufgabe.

69. Man giebt die halben Durchmesser beyder Oberflächen des brechenden Körpers, das Verhältniß des Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des gebrochenen, so wohl im Eintritt in den brechenden Körper, als im Ausgang aus demselben, die Entfernung des stralenden Puncts von der ersten Oberfläche, und endlich die Dicke des brechenden Körpers. Man sucht den Punct F, in welchem die sehr nahe um die Achse einfallenden Stralen sich vereinigen werden.

Es sey (Fig. XII.) C B der halbe Durchmesser der untern kugelförmigen Oberfläche, K A der obern: O A die Entfernung des stralenden Puncts: O I ein sehr nahe bey der Achse O A einfallender Stral. Nachdem ihr den einfallenden Stral O I nach Belieben weiter ausgezogen habet, lasset aus dem Puncte K einen Perpendickel K G auf selben fallen. Alsdenn saget: wie sich der Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des gebrochenen verhält, so verhält sich K G zu einem vierten Glied K H: nehmet dieses als den Radius, und beschreibet damit einen kleinen Bogen aus dem Puncte K. Ziehet aus I eine gerade Linie, die diesen Bogen in H berühret. Der Punct P wird der Focus seyn, in welchem sich die Stralen vereinigen würden, wenn sie nur eine Brechung im Eintritt in den brechenden Körper leyden sollten. Nun aber werden sie in T, da sie aus selbem wieder herausfahren, noch einmal gebrochen. Um die Wirkung dieses zweyten Brechens zu erfahren, ziehet die Linie P I weiter aus gegen D: lasset aus

C einen Perpendickel C D auf selbe fallen: saget, wie sich der Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des gebrochenen verhält, so verhält sich C D zu einem vierten Gliede C E: nehmet dieses als den Radius, und beschreibet damit einen kleinen Bogen aus C. Ziehet aus T eine gerade Linie, die diesen Bogen in E berühret. Der Punct F, in welchem diese Linie der Achse begegnet, wird der verlangte Focus seyn.

Um nun einen analytischen Ausdruck zu finden, setzet O A = d, C B = R, K A = r, F B = x, P B = z, A B die Dicke des brechenden Körpers = e: das Verhältniß des Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des gebrochenen sey im Eintritt wie p zu q, und im Ausgang wie q zu p.

Es wird also seyn.

$$\begin{cases} O K = O A + A K = d + r \\ P A = P B + B A = Z + e \\ P K = P A - A K = Z + e - r \\ P C = P B + B C = Z + R \\ C D = q \\ C E = p \\ K G = p \\ K H = q \\ F C = F B + B C = x + R \end{cases}$$

Die Triangel O A I, O K G sind einander ähnlich (§. 56.) Ihr habet also

O G oder O K: O A:: K G: A I

das ist d + r: d :: p: A I

folglich ist $A I = \frac{d p}{d + r}$

Weil nun die Triangel P A I, P K H einander abermal ähnlich sind, so habet ihr

P I

$$P\,I \text{ oder } P\,A : P\,K :: A\,I : K\,H.$$

$$\text{das ist, } e + Z : e + Z - r :: \frac{p\,d}{d + r} : K\,H$$

$$\text{folglich ist } K\,H = \frac{e\,p\,d + d\,p\,z - d\,p\,r}{d\,e + d\,Z + e\,r + r\,Z}.$$

Nun aber ist K H auch $= q$. Es entsteht also diese Gleichung

$$q = \frac{e\,p\,d + d\,p\,Z - d\,p\,r}{d\,e + d\,Z + e\,r + r\,Z}$$

$$\text{Hieraus bekömmt man } Z = \frac{d\,e\,p - d\,p\,r - d\,e\,q - e\,q\,r}{d\,q + q\,r - d\,p}.$$

Nun sind die Triangel P C D, P B T, und überdas die Triangel F C E, F B T abermal einander ähnlich. Ihr habet also

$$P\,C : P\,T \text{ oder } P\,B :: C\,D : B\,T$$

$$\text{Das ist } Z + R : Z :: q : B\,T$$

$$\text{folglich ist } B\,T = \frac{Z\,q}{Z + R}$$

$$\text{und } F\,C : F\,T \text{ oder } F\,B :: C\,E : B\,T$$

$$\text{oder } x + R : x :: p : B\,T$$

$$\text{folglich ist } B\,T = \frac{p\,x}{x + R}.$$

Wenn ihr diese zween Werthe von B T vergleichet, so entsteht

$$\frac{p\,x}{x + R} = \frac{q\,Z}{Z + R}.$$

Wenn ihr in dieser Gleichung den Werth von Z suchet, so findet ihr

$$Z =$$

$$Z = \frac{R\ p\ x}{q\ x + q\ R - p\ x}.$$

Vergleichet ihr die zween von Z gefundenen Werthe, so bekommet ihr diese Gleichung.

$$\frac{d\,e\,p - d\,p\,r - d\,e\,q - e\,q\,r}{d\,q + q\,r - d\,p} = \frac{R\,p\,x}{q\,x + q\,R - p\,x}$$

Suchet ihr in dieser den Werth von x, so findet ihr

$$d\,e\,p\,q\,x - d\,p\,q\,r\,x - d\,e\,q^2\,x - e\,q^2\,r\,x$$
$$+ d\,e\,p\,q\,R - d\,p\,q\,R\,r - d\,e\,q^2\,R - e\,q^2\,R\,r$$
$$- d\,e\,p^2\,x + d\,p^2\,r\,x + d\,e\,p\,q\,x + e\,p\,q\,r\,x$$
$$= d\,p\,q\,R\,x + p\,q\,R\,r\,x - d\,p^2\,R\,x$$

und hieraus $d\,e\,p\,q\,x - d\,p\,q\,r\,x - d\,e\,q^2\,x$
$- e\,q^2\,r\,x - d\,e\,p^2\,x + d\,p^2\,r\,x + d\,e\,p\,q\,x$
$+ e\,p\,q\,r\,x - d\,p\,q\,R\,x - p\,q\,R\,r\,x + d\,p^2\,R\,x$
$= - d\,e\,p\,q\,R + d\,p\,q\,R\,r + d\,e\,q^2\,R + e\,q^2\,R\,r$

und endlich

$$x = \frac{d\,p\,q\,R\,r + d\,e\,q^2\,R - d\,e\,p\,q\,R + e\,q^2\,R\,r}{2\,d\,e\,p\,q - d\,p\,q\,r - d\,e\,q^2 - e\,q^2\,r - d\,e\,p^2} \Bigg(\frac{}{+ d\,p^2\,r + e\,p\,q\,r - d\,p\,q\,R - p\,q\,R\,r + d\,p^2\,R} \Bigg)$$

70. Diese allgemeine Formel ist zwar ziemlich verwickelt, und zusammengesetzt. Allein es wird sich hierüber niemand verwundern, der bedenken will, wie allgemein die Aufgabe, aus der diese Formel entsprungen ist, abgefasset ist. Sie begreift alle mögliche Fälle in sich: es mögen die beyden Materien, aus derer einer das Licht in die andere fährt, ihrer Kraft nach, mit der sie in die Stralen wirken, beschaffen seyn, wie sie wollen: es mag der brechende Körper auf beyden Seiten convex, auf beyden plan, auf beyden

den concav, oder hingegen auf einer conver auf der andern concav oder plan seyn: es mag der Radius der Converität oder Cavität beyderseits gleich, oder wie immer ungleich seyn: es mag der stralende Punct was immer für eine Entfernung von der brechenden Oberfläche haben: es mag der brechende Körper eine große oder kleine Dicke haben. Für alle diese Fälle ist die Auflösung in dieser Formel enthalten: wie wir bald sehen werden.

Wenn nun einige aus diesen Umständen bestimmet sind, so läßt sich die Formel gar leicht abkürzen und zum Gebrauch bequemlicher machen.

Weil die Anwendung der Stralenbrechung insgemein für jenen Fall geschehen muß, da das Licht vom Luft in das Glas und von diesem wieder in den Luft fährt, so wollen wir hierinn die Anwendung unserer Formel machen, und für alle mögliche Fälle die gehörigen Regeln den Focus zu finden herleiten.

71. Die allgemeine Formel wird auf die Stralenbrechung im Durchfahren durch das Glas angewendet.

Wenn ein Stral von dem Luft in das Glas fährt, so verhält sich der Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des gebrochenen wie 31:20. Im Herausfahren, wie 20:31. Die Werthe von p und q sind also bestimmet, p ist $= 31$ und $q = 20$. Und wenn wir diese Werthe in der allgemeinen Formel anstatt p und q setzen, so wird sie weit einfacher, und veränderet sich in diese

$$x = \frac{620\,dRr - 220\,deR + 400\,eRr}{341\,dr - 121\,de + 220\,er + 341\,dR - 620\,Rr}$$

Nun wollen wir sehen durch Hilf dieser Formel, wo

der

der Focus in verschiedenen Fällen, und bey ihrer Form nach verschiedenen Gläßern seyn müsse.

Anwendung für eine Kugel.

72. Erster Fall für divergirende Stralen.

Wenn der brechende Cörper eine ganze Kugel ist, so ist der Radius beyder brechenden Oberflächen einer dem andern gleich, hiemit ist $R = r$. Die Dicke der ganzen Kugel hält zween halbe Durchmesser. Es ist also $e = 2r$. Wenn wir nun diese Werthe in der obigen Formel anstatt R und e setzen, so entsteht

$$x = \frac{9dr + 40r^2}{22d - 9r}$$ hieraus fließt diese Regel.

Den Focus für divergirende Stralen bey einer ganzen Kugel zu finden, multiplicieret die Entfernung des stralenden Puncts durch den Radius der Kugel, und nehmet das Product 9 mal. Erhebet den Radius zum Quadrate, und multiplicieret es mit 40. addiret dieses Product zum vorigen. Multipliciret die Entfernuug des stralenden Puncts mit 22: ziehet das neunfache des Radius davon ab. Durch den Rest dividiret die zuvor gefundene Summe: der Quotient ist die länge des Focus.

Exempel.

Es sey eine Kugel von 10 Zollen im Radius. Ein stralender Punct sey 30 Zolle davon entfernet. Wo werden die Stralen vereiniget?

E $d = 30$

$$d = 30$$
$$r = 10$$
$$d\,r = 300$$
$$9\,d\,r = 2700$$
$$r^2 = 100$$
$$40\,r^2 = 4000$$
$$22\,d = 660$$
$$9\,r = 90$$

Es ist also $\frac{9\,d\,r + 40\,r^2}{22\,d - 9\,r} = \frac{2700 + 4000}{660 - 90} = \frac{6700}{570} =$ 11. 7544 bey nahe.

73. Zweyter Fall für Parallelstralen. Wenn die Stralen unter einander Parallel einfallen, so muß der Punct, von dem sie ausgefloßen sind, als unendlich weit entfernet angenommen werden. Wir haben also $d = \infty$. Hierdurch wird die Formel $\frac{9\,d\,r + 40\,r^2}{22\,d - 9\,r}$ in diese verwandelt: $x = \frac{9r}{22}$. Hieraus entstehet diese

Regel.

Wenn Parallelstralen auf eine gläserne Kugel fallen, so ist der Focus $\frac{9}{22}$ des Radius hinter der Kugel.

Exempel.

Es sey eine Kugel von 8 Linien im Durchmesser, wo wird der Focus Parallel einfallender Stralen seyn?

Ihr

Ihr habet $r = 4$ folglich ist $\frac{9r}{22} = \frac{36}{22} = 1\frac{14}{22} = 1\frac{7}{11}$ die länge des Focus.

74. Dritter Fall für convergirende Stralen. Wenn die einfallenden Stralen convergiren, so fahren sie nicht aus einem Puncte aus, der vor dem Glase steht, wie es doch in der Auflösung der allgemeinen Aufgabe war vorausgesetzet worden, sondern sie zielen nach einem hinter dem Glase gelegenen Puncte. Wir müssen also die Entfernung dieses Puncts von der gegen die einfallenden Stralen gekehrten Oberfläche — d nennen. Hierdurch wird unsere Formel in diese verwandelt:

$$x = \frac{40r^2 - 9dr}{-22d - 9r}.$$

Regel.

Wann convergirende Stralen auf eine gläserne Kugel fallen, so muß man den Focus zufinden, das Quadrat des Radius 40 mal nehmen: das neunfache Product aus dem Radius und aus der Entfernung des Puncts, nach dem die Stralen zielen, davon abziehen. Eben diese Entfernung 22 mal nehmen, das neunfache des Radius dazu addiren: mit dieser negativ genommenen Summe die vor erhaltene differenz dividiren. Der Quotient wird die Focallänge seyn:

Exempel.

Es sey eine Kugel von 8 Linien im durchmesser. Es fallen also convergierende Stralen auf dieselbe, daß sie

20 Linien hinter der vordern Oberfläche sich vereinigen würden. Wo werden sie nach der Brechung vereiniget werden?

Ihr habet $\begin{cases} r = 4 \\ d = 20 \\ r^2 = 16 \end{cases}$

$40\ r^2 = 640$
$d\ r = 80$
$9\ d\ r = 720$
$22\ d = 440$
$9\ r = 36$. Es ist hiemit

$$\frac{40r^2 - 9rd}{-22d - 9r} = \frac{640 - 720}{-440 - 36} = \frac{-80}{-476} = 0.168$$

Es ist hiemit der Focus $\frac{168}{1000}$ theile einer Lienie weit hinter der Kugel.

75. **Anmerkung.** Weil die Ansetzuug der Regel für einen jeden Fall einen ziemlichen Platz einnimmt, und überdas diese Regel von einem jeden selbst leicht aus der Formel kann hergeleitet werden, so will ich dieses inskünftige dem Leser selbst überlassen.

Anwendung auf eine halbkugel.

76. In einer halbkugel, wenn die convexe Seite gegen dem stralenden Puncte gekehret ist, ist $R = \infty$, und die Dicke des Glases $e = r$. Wenn diese Werthe von R und e in der allgemeinen Formel (§. 71) gesetzet werden, wird sie in diese verwandelt.

$$x = \frac{400\ d\ r + 400\ r^2}{341\ d - 620\ r}$$

Exem-

Exempel.

Es sey die Entfernung des stralenden Puncts 30 Zolle. Der Radius der Halbkugel 10 Zolle. Wo wird der Focus seyn?

$d = 30$	$400\,d\,r = 120000$
$r = 10$	$400\,r^2 = 40000$
$dr = 300$	$341\,d = 10230$
$r^2 = 100$	$620\,r = 6200$

folglich ist $\frac{400\,d\,r + 400\,r^2}{341\,d - 620\,r} = \frac{120000 + 40000}{10230 - 6200} =$

39. 7 bey nahe.

77. Zweyter Fall für Parallelstralen. Bey Parallel einfallenden Stralen ist $d = \infty$: die obige Formel wird also in diese verwandelt:

$$x = \frac{400\,r}{341}$$

Exempel.

Es sey der Radius der Halbkugel 3 Zolle. Die Entfernung des stralenden Puncts sey unendlich groß, das ist, die Stralen falleu parallel ein. Wo wird der Focus seyn?

Wir haben $x = \frac{400 \times 3}{341} =$ 3. 519 bey nahe.

78. Dritter Fall für convergirende Stralen. In diesem Falle ist d negativ (§. 74.) die Formel §. 76 wird also in diese verwandelt:

$$x = \frac{400\ r^2 - 400\ d\ r}{-341\ d - 620\ r}$$

Exempel.

Wir wollen ſetzen der Radius der Halbkugel ſey 3 Zolle, die Stralen fallen alſo convergirend ein, daß ſie ſich 5 Zolle weit hinter der Vordern oder convexen Oberfläche vereinigen würden: Wo werden ſie ſich nach der Brechung vereinigen?

$r = 3$	$400\ r^2 = 3600$
$d = 5$	$400\ d\ r = 6000$
$r^2 = 9$	$341\ d = 1705$
$d\ r = 15$	$620\ r = 1860$

hiemit iſt $\frac{400\ r^2 - 400\ d\ r}{-341\ d - 620\ r} = \frac{3600 - 6000}{-1705 - 1860} =$

0. 6732 bey nahe.

Wenn die ebene Seite der Halbkugel gegen dem Object gekehret iſt.

79. Erſter Fall für divergirende Stralen. In dieſem Falle iſt $r = \infty$ und $e = R$; denn wir haben in der allgemeinen Auflöſung den Radius der gegen dem Object gekehrten Seite mit r, den andern mit R benamſet, welches ihr auch inskünftige wohl zu merken habet. Die allgemeine Formel §. 71 veränderet ſich alſo in dieſe.

$$x = \frac{620\ d\ R + 400\ R^2}{341\ d - 400\ R}$$

Exem-

Exempel.

Es sey die Entfernung des stralenden Puncts 30 Zolle: der Radius der hintern Oberfläche 10 Zolle. Wo wird der Focus seyn?

$d = 30$	$620\,d\,R = 186000$
$R = 10$	$400\,R^2 = 40000$
$d\,R = 300$	$341\,d = 10230$
$R^2 = 100$	$400\,R = 4000$

Hiemit ist $x = \frac{620\,d\,R + 400\,R^2}{341\,d - 400\,R} = \frac{186000 + 40000}{10230 - 4000} =$

36-276

80. Zweyter Fall für Parallelstralen. In diesem Falle ist $d = \infty$. Die Formel §. 79 wird also in diese verändert.

$$x = \frac{620R}{341}$$

Exempel.

Es sey der Radius 8 Zolle. Die Stralen fallen parallel ein. Wo ist der Focus?

Wir haben $x = \frac{620 \times 8}{341} =$ 14. 5455 bey nahe

81. Dritter Fall, für convergirende Stralen. In diesem Falle wird d negativ. Die allgemeine Formel §. 79 wird hiemit in diese verwandelt:

$$x = \frac{400\,R^2 - 620\,d\,R}{-341\,d - 400\,R}.$$

Exempel.

Es fallen die Stralen also ein, daß sie sich 10 Zolle hinter der vordern Fläche vereinigen würden. Der Radius sey 8 Zolle. Wo werden sie sich nach der Brechung vereinigen?

$d = 10$	$400\,R^2 = 25600$
$R = 8$	$620\,d\,R = 49600$
$d\,R = 80$	$341\,d = 3410$
$R^2 = 64$	$400\,R = 3200$

Hiemit ist $x = \frac{400R^2 - 620dR}{-341d - 400R} = \frac{25600 - 49600}{-3410 - 3200} =$

3. 63 bey nahe.

82. I. Anmerkung. Aus den §§. 76. 77. 78. und §§. 79. 80. 81. gesetzten Exempeln sehet ihr, daß es nicht einerley sey, ob ihr die Convexe oder ebene Seite einer Halbkugel gegen den stralenden Punct wendet. Allein der ganze Unterscheid in der Länge des Focus kömmt von der Dicke des Glases her, wie ihr weiter unten noch deutlicher sehen werdet.

83. II. Anmerkung. Weil nur jene Stralen, welche sehr nahe bey der Achse einfallen, sich in einem Puncte durch die Brechung vereinigen, so erhellet klar, daß man bey Gebrauch einer ganzen oder halben Kugel, den größten Theil zudecken, und nur etwas weniges offen lassen müsse, wenn man anderst einen genauen Focus zu erhalten verlanget.

Anwendung auf beyderseits convexe Linsen, Wenn die Convexität ungleich ist.

84. Erster Fall, für divergierende Stralen.

In diesem Falle dienet eben die Formel §. 71.

$$x = \frac{620\,d\,R\,r - 220\,d\,e\,R + 400\,e\,R\,r}{341\,d\,r - 121\,d\,e + 220\,e\,r + 341\,d\,R - 620\,R\,r}$$

Exempel.

Es sey der Radius der gegen dem Objecte gekehrten Seite gleich 50, der andere 30 Linien. Die Entfernung des stralenden Puncts sey 300 Linien, die Dicke des Glases 2 Linien. Wo wird der Focus seyn?

$r = 50$	$e\,R\,r = 3000$
$R = 30$	$620\,d\,R\,r = 279000000$
$d = 300$	$220\,d\,e\,R = 3960000$
$e = 2$	$400\,e\,R\,r = 1200000$
$d\,r = 15000$	$341\,d\,r = 5115000$
$d\,R = 9000$	$121\,d\,e = 72600$
$d\,e = 600$	$220\,e\,r = 22000$
$e\,r = 100$	$341\,d\,R = 3069000$
$R\,r = 1500$	$620\,R\,r = 930000$
$d\,R\,r = 450000$	
$d\,e\,R = 18000$	

Folglich ist

$$x = \frac{279000000 - 3960000 + 1200000}{5115000 - 72600 + 22000 + 3069000 - 930000}$$

$= 38.349$ beynahe.

85. Zweyter Fall, für Parallelstralen. In diesem Falle ist $d = \infty$. Die Formel §: 84. wird also in diese verwandelt

$$x = \frac{620\,R\,r - 220\,e\,R}{341\,r - 121\,e + 341R}$$

Exempel.

Es sey der Radius der gegen dem Objecte gekehrten Seite wie zuvor gleich 50, der andere 30, die Dicke des Glases 2 Linien. Die Stralen fallen parallel ein. Wo wird der Focus seyn?

$r = 50$	$620\,R\,r = 930000$
$R = 30$	$220\,e\,R = 13200$
$e = 2$	$341\,r = 17050$
$R\,r = 1500$	$121\,e = 242$
$e\,R = 60$	$341\,R = 10230$

Hiemit ist

$$x = \frac{930000 - 13200}{17050 - 242 + 10230} = 33{\cdot}9$$

86. Dritter Fall für convergierende Stralen. In diesem Falle ist d negativ: die Formel §. 84. wird also in diese verwandelt:

$$x = \frac{400\,e\,R\,r - 620\,d\,R\,r + 220\,d\,e\,R}{-341dr + 121de + 220er - 341dR - 620Rr}$$

Exempel.

Es sey der Radius der gegen dem Objecte gekehrten Seite gleich 50, der andere 30, die Dicke des Glases 2 Linien,

nien, die Stralen fallen also convergierend ein, daß sie 300 Linien hinter der vordern Oberfläche sich vereinigen wurden. Wo werden sie sich nach der Brechung vereinigen?

$r = 50$	$e\,R\,r = 3000$
$R = 30$	$d\,e\,R = 18000$
$d = 300$	$620\,d\,R\,r = 279000000$
$e = 2$	$220\,d\,e\,R = 3960000$
$d\,r = 15000$	$400\,e\,R\,r = 1200000$
$d\,R = 9000$	$341\,d\,r = 5115000$
$d\,e = 600$	$121\,d\,e = 72600$
$e\,r = 100$	$220\,e\,r = 22000$
$R\,r = 1500$	$341\,d\,R = 3069000$
$d\,R\,r = 450000$	$620\,R\,r = 930000$

Hiemit ist

$$x = \frac{1200000 + 3960000 - 279000000}{-5115000 - 3069000 - 930000 + 72600 + 22000}$$

$$= 30.3612$$

87. **Anmerkung.** Wenn ihr die andere Convexität, derer Radius 30 Linien ist, gegen den stralenden Punct kehren solltet, so hättet ihr $r = 30$ und $R = 50$. Ihr würdet also, wenn ihr die ganze Rechnung nach der obigen Formel wiederhollen soltet, für x oder für die Focallänge finden 30.0392. Woraus dann erhellet, daß es nicht einerley ist, ob ihr diese oder jene Seite gegen dem stralenden Puncte kehret. Doch ist der Unterschied bey solchen Gläsern, derer Dicke ziemlich klein ist, nicht gar beträchtlich.

Für beyderseits convexe Gläser, wenn die Dicke des Glases nicht in Betrachtung gezogen wird.

88. **Erster Fall, für divergierende Stralen.** Weil e = o, so werden alle Glieder, in denen e ein Factor ist, wegfallen. Die obige Formel §. 84. wird sich also in diese verändern.

$$x = \frac{620\,d\,R\,r}{341dr + 341dR - 620Rr} = \frac{20\,d\,R\,r}{11dr + 11dR - 20Rr}.$$

Exempel.

Es sey die Entfernung des stralenden Puncts 300 Linien: der Radius der gegen dem Objecte gekehrten Seite 50, der andere 30. Wo wird der Focus seyn?

d = 300	d r R = 450000
r = 50	620 d r R = 279000000
R = 30	341 d r = 5115000
d r = 15000	341 d R = 3069000
d R = 9000	620 R r = 930000
R r = 1500	

Hiemit ist

$$x = \frac{279000000}{5115000 + 3069000 - 930000} = 38.4615$$

89. **Zweyter Fall, für Parallelstralen.** In diesem Falle ist $d = \infty$. Die obige Formel §. 88. wird hiemit in diese verwandelt:

$$x = \frac{620\,R\,r}{341\,r + 341\,R}$$

Exempel.

Es sey der Radius der gegen dem Objecte gekehrten Seite gleich 50 Linien, der andern 30. Die Stralen fallen parallel ein. Wo wird der Focus seyn?

$r = 50$	$620\ R\ r = 930000$
$R = 30$	$341\ r = 17050$
$R\ r = 1500$	$341\ R = 10230$

Hiemit ist

$$x = \frac{930000}{17050 + 10230} = 34.09$$

90. Dritter Fall für convergierende Stralen. In diesem Falle ist d negativ, die Formel §. 88. wird also in diese verwandelt:

$$x = \frac{-620\ d\ R\ r}{-341\ d\ r - 341\ d\ R - 620\ R\ r}$$

Exempel.

Setzen wir die Stralen fallen also convergierend ein, daß sie 300 Linien hinter der Oberfläche des Glases sich vereinigen wurden. Der Radius der gegen dem Objecte gekehrten Seite sey 50, der andere 30 Linien. Wo wird der Focus seyn?

$d = 300$	$d\ r\ R = 450000$
$r = 50$	$620\ d\ r\ R\ 27900000$
$R = 30$	$341\ d\ r = 5115000$
$d\ r = 15000$	$341\ d\ R = 3069000$
$d\ R = 9000$	$620\ R\ r = 930000$
$R\ r = 1500$	

Hie

Hiemit ist

$$x = \frac{-279000000}{-5115000 - 3069000 - 930000} = 30.61225$$

91. Anmerkung. Wenn ihr in diesen dreyen Aufgaben setzet, die andere Oberfläche des Glases sey gegen dem Objecte gekehret, so hättet ihr $r = 30$ und $R = 50$. Unterdessen würdet ihr für den Focus x immer den alten Werth finden; wie ihr leicht erfahren könnet, wenn ihr die Rechnung in dieser Voraussetzung wiederhollen wollet. Ja ihr könnet eben dieses aus bloßer Ansehung und genauer Betrachtung der dreyen Formeln leicht abnehmen. Es ist also richtig, was ich schon §. 82. angemerket habe: der ganze Unterschied der Focallänge, welcher daraus entsteht, wenn man jetz diese, jetz die andere Oberfläche des Glases gegen dem Objecte kehret, kömmt von der Dicke des Glases her; denn wenn diese verachtet wird, so verschwindet aller Unschied.

92. Zweyte Anmerkung. Wenn ihr die Dicke des Glases verachtet, so findet ihr im Exempel §. 90 für den Focus 30.61225. Wenn ihr die Dicke des Glases in die Rechnung nehmet, und die Seite vom größern Radius gegen dem Objecte kehret, so findet ihr §. 86. für den Focus 30.3612. Wenn ihr endlich die Dicke des Glases in Betrachtung ziehet, und die Seite vom kleinern Radius gegen dem Objecte kehret, so findet ihr für den Focus 30.0392 (§. 87.) Aus welchem ihr dann schliessen könnet. Erstens wenn die Dicke des Glases verachtet wird, so findet man den Focus immer um etwas zu groß. Zweytens wenn die Seite vom größern Radius gegen dem Objecte gekehret ist, so fehlet der mit Vernachläßigung der Dicke des Glases berechnete Focus vom wahren nicht so viel,

als

als wenn die Seite vom kleinern Radius gegen dem Objecte gekehret ist.

93. **Dritte Anmerkung.** Wenn ihr die Werthe von x in diesen dreyen letzten Exempeln mit den Werthen von x in den dreyen vorhergehenden vergleichet, so sehet ihr, daß die Dicke des Glases, wenn sie ziemlich klein ist, die Entfernung des Focus sehr wenig änderet.

Anwendung für Convergläser, derer beyde Seiten gleich convex sind.

94. **Erster Fall, für divergierende Stralen.** In dieser Voraussetzung ist $R = r$. Die Formel §. 84. wird also in diese verwandelt:

$$x = \frac{620\,d\,r^2 - 220\,d\,e\,r + 400\,e\,r^2}{682dr - 121de + 220er - 620r^2}$$

Exempel.

Die Entfernung des stralenden Puncts sey 300 Linien. Der Radius der beyderseitigen Convexität 40 Linien, die Dicke des Glases 2 Linien. Wo ist der Focus?

$d = 300$	$620\,d\,r^2 = 297600000$
$r = 40$	$220\,d\,e\,r = 5280000$
$d\,r = 12000$	$400\,e\,r^2 = 1280000$
$e\,r = 80$	$682\,d\,r = 8184000$
$r^2 = 1600$	$121\,d\,e = 72600$
$d\,e = 600$	$220\,e\,r = 17600$
$d\,r^2 = 480000$	$620\,r^2 = 992000$
$d\,e\,r = 24000$	
$e\,r^2 = 3200$	

Hie-

Hiemit ist

$$x = \frac{297600000 - 5280000 + 1280000}{8184000 - 72600 + 17600 - 992000}$$

$= 41.1377$

95. Zweyter Fall, für Parallelstralen. In diesem Falle ist $d = \infty$. Die obige Formel §. 94. verändert sich also in diese:

$$x = \frac{620\,r^2 - 220\,e\,r}{682\,r - 121\,e}$$

Exempel.

Es sey der Radius der beyderseitigen Converität gleich 40 Linien, die Dicke des Glases 2 Linien, die Stralen fallen parallel ein. Wo ist der Focus?

$r = 40$	$620\,r^2 = 992000$
$e = 2$	$220\,e\,r = 17600$
$r^2 = 1600$	$682\,r = 27280$
$e\,r = 80$	$121\,e = 242$

Hiemit ist

$$x = \frac{992000 - 17600}{27280 - 242} = 36.038$$

96. Dritter Fall, für convergierende Stralen. In diesem Falle ist d negativ. Es wird also die Formel §. 94. in diese verwandelt

$$x = \frac{220\,d\,e\,r - 620\,d\,r^2 + 400\,e\,r^2}{-682\,d\,r + 121\,d\,e + 220\,e\,r - 620\,r^2}$$

Exem-

Exempel.

Es fallen die Stralen also convergierend ein, daß sie 300 Linien hinter der vordern Oberfläche sich vereinigen wurden. Der Radius der beyderseitigen Convexität sey 40 Linien, die Dicke des Glases 2 Linien. Wo ist der Focus?

$r = 40$	$620dr^2 = 297600000$
$d = 300$	$220der = 5280000$
$e = 2$	$40er^2 = 1280000$
$dr = 12000$	$682dr = 8184000$
$er = 80$	$121de = 72600$
$r^2 = 1600$	$220er = 17600$
$de = 600$	$620r^2 = 992000$
$dr^2 = 480000$	$= \text{---------} = x$
$der = 24000$	
$er^2 = 3200$	

Hiemit ist

$$x = \frac{5280000 - 297600000 + 1280000}{-8184000 + 72600 + 17600 - 992000} = 32.032$$

Wenn beyde Seiten gleich convex sind, und die Dicke des Glases verachtet wird.

97. Erster Fall, für divergierende Stralen. In dieser Voraussetzung ist $R = r$ wie §. 94. und $e = 0$. Die Formel §. 84. wird also in diese verwandelt:

$$x = \frac{310dr^2}{341dr - 310r^2} = \frac{310dr}{341d - 310r} = \frac{10dr}{11d - 10r}$$

Exempel.

Es sey die Entfernung des stralenden Puncts 300 Linien, die beyderseitige Converität 40 Linien. Wo ist der Focus?

$$r = 40$$
$$d = 300$$
$$d\,r = 12000$$
$$10\,d\,r = 120000$$
$$11\,d = 3300$$
$$10\,r = 400$$

Hiemit ist

$$x = \frac{120000}{3300 - 400} = 41.38$$

98. Zweyter Fall, für Parallelstralen. In diesem Falle ist $d = \infty$. Die Formel §. 97. wird also in diese verwandelt:

$$x = \frac{10\,r}{11}$$

Exempel.

Es sey der Radius der beyderseitigen Converität gleich 40 Linien. Die Stralen fallen parallel ein. Wo ist der Focus?

$r = 40$ Folglich ist

$$x = \frac{400}{11} = 36.3636$$

99. Anmerkung. Die Formel §. 97. giebt uns zu erkennen, Wenn d so groß oder größer ist als r, so ist der

De-

Denominator und folglich der Werth des ganzen Bruchs positiv; das ist, wenn die Entfernung des stralenden Puncts so groß oder größer ist, als der Radius der beyderseitigen Convexität, so giebt es einen wahren Focus hinter dem Glase, ist 11d kleiner als 10r, das ist, wenn d kleiner

als $\frac{10r}{11}$, oder kurz, wenn d um etwas merkliches kleiner ist, als r, so ist der Denominator und folglich der Werth des ganzen Bruchs negativ. Das ist, wenn die Entfernung des stralenden Puncts etwas merkliches kleiner ist als der Radius, so giebt es keinen wahren, sonder nur einen Virtualfocus vor dem Glase, oder was eines ist, die Stralen sind nach der Brechung noch nicht convergierend, sonder sie di-

vergieren noch. Wenn endlich $d = \frac{10r}{11}$, so ist der Denominator des Bruchs $= 0$. Der Werth des ganzen Bruchs ist also unendlich groß, das ist, die Stralen vereinigen sich erst im unendlichen, oder was eines ist, sie fahren untereinander parallel aus dem Glase heraus. Weil

also $\frac{10r}{11}$ der Focus parallel einfallender Stralen ist

§. 98. Weil über das der Focus parallel einfallender Stralen überhaubt der Focus des Glases genennet wird (§. 36.) so läßt sich dieser in der practischen Optick sehr nützliche Grundsatz herleithen. Wenn ein Object eben im Focus eines Glases gestellet wird, so werden durch die Brechung alle von einem Puncte des Objects einfallende Stralen unter einander parallel.

100. Dritter Fall, für convergierende Stralen. In diesem Falle ist d negativ. Die Formel §. 97. wird also in diese verwandelt:

$$x = \frac{-10dr}{-11d-10r} = \frac{10dr}{11d+10r}$$

Exempel.

Es fallen die Stralen also convergierend ein, daß sie 300 Linien weit hinter der vordern Oberfläche des Glases sich vereinigen würden. Der Radius sey gleich 40 Linien. Wo ist der Focus?

$r = 40$
$d = 300$
$dr = 12000$
$10dr = 120000$
$11d = 3300$
$10r = 400$

folglich ist

$$x = \frac{120000}{3700} = 32.4324$$

Anwendung auf ein Planconvexglas, dessen Convexität gegen dem Objecte gekehret ist, und die Dicke des Glases betrachtet wird.

In diesen Falle ist $R = \infty$. Es entstehen also diese Formeln.

101. I. Für divergierende Stralen

$$x = \frac{620dr - 220de + 400er}{341d - 620r}$$

102. II. Für parallele

$$x = \frac{620r - 220e}{341}$$

103. III. Für convergierende

$$x = \frac{400\,e\,r - 620\,d\,r + 22\,d\,e}{-341\,d - 620\,r}$$

Wenn die Planseite gegen dem Objecte gekehret ist.

In dieser Voraussetzung ist $r = \infty$. Es entstehen also diese Formeln:

104. I. Für divergierende Stralen

$$x = \frac{620\,d\,R + 400\,e\,R}{341\,d + 220\,e - 620\,R}$$

105. II. Für parallele

$$x = \frac{620\,R}{341} = \frac{20\,R}{11}$$

106. III. Für convergierende

$$x = \frac{-620\,d\,R + 400\,e\,R}{-341\,d + 220\,e - 620\,R}$$

Wenn die Dicke des Glases verachtet wird.

107. I. Für divergierende Stralen

$$x = \frac{620\,d\,r}{341d - 620r} = \frac{20\,d\,r}{11\,d - 20\,r}$$

108. II. Für parallele

$$x = \frac{620\,r}{341} = \frac{20\,r}{11}$$

109. III. Für convergirende

$$x = \frac{-620\,d\,r}{-341d-620r} = \frac{-20\,d\,r}{-11d-20r}$$

Anwendung auf ein beyderſeits concaves Glas, wenn die Concavitäten ungleich und die Dicke des Glaſes in Betrachtung kömmt.

In dieſer Vorausſetzung ſind R und r negtiv. Es entſtehen alſo aus der Formel §. 71 dieſe neuen.

110. I. Für divergirende Stralen

$$x = \frac{620\,d\,R\,r + 220\,d\,e\,R + 400\,e\,R\,r}{-341\,d\,r - 121\,d\,e - 220\,e\,r - 341\,d\,R - 620\,R\,r}$$

111. II. Für parallele

$$x = \frac{620\,R\,r + 220\,e\,R}{-341\,r - 121\,e - 341R}$$

112. III. Für convergirende

$$x = \frac{-620\,d\,R\,r - 220\,d\,e\,R + 400\,e\,R\,r}{341\,d\,r + 121\,d\,e - 220\,e\,r + 341\,d\,R - 620\,R\,r}$$

Wenn die Dicke des Glaſes verachtet wird.

113. I. Für divergirende Stralen

$$x = \frac{620odRr}{-341dr-341dR-620Rr} = \frac{20odRr}{-11dr-11dR-20Rr}$$

114.

114. II. Für parallele

$$x = \frac{620Rr}{-341r-341R} = \frac{20Rr}{-11r-11R}$$

115. III. Für convergierende

$$x = \frac{-620dRr}{341dr+341dR-620Rr} = \frac{-20dRr}{11dr+11dR-20Rr}$$

Wenn die Cavität beyderseits gleich, aber die Dicke des Glases betrachtet wird.

In diesem Falle ist $R = r$. Es entstehen also aus der Formel §. 140 diese neuen

116. Für divergirende Stralen

$$x = \frac{620dr^2+220der+400er^2}{-682dr-121de-220er-620r^2}$$

117. Für parallele

$$x = \frac{620r^2+220er}{-682r-121e}$$

118. III. Für convergirende

$$x = \frac{-620drr-220der+400er^2}{682dr+121de-220er-620r^2}$$

Wenn die Cavität beyderseits gleich, aber die Dicke des Glas verachtet wird.

119. I. Für divergirende Stralen

$$x = \frac{310dr}{-314d-310r} = \frac{10dr}{-11d-10r}$$

120. II. Für parallele $x = \frac{310\,r}{-314} = \frac{10\,r}{-11}$

121. III. Für convergierende

$$x = \frac{-310\,d\,r}{314\,d - 310\,r} = \frac{10\,d\,r}{11d - 10r}$$

Anmerkung. Wenn ihr in der Formel §. 121. für convergierend einfallende Stralen $d = \frac{10\,r}{11}$ setzet, das ist, wenn der Punct, nach welchem die convergierend auf ein Concavglas fallenden Stralen zielen, eben so weit hinter dem Glase liegt, als der Virtualfocus des Concavglases beträgt, so wird die Formel in diese verändert:

$$x = \frac{-10\,r \times \frac{10\,r}{11}}{10\,r - 10\,r} = \frac{-10\,r \times \frac{10\,r}{11}}{0} = \infty.$$ Das ist, wenn der Punct, gegen welchem die auf ein Concavglas fallenden Stralen zielen, eben so weit hinter dem Glase liegt, als sein Virtualfocus beträgt, so werden diese Stralen durch die Brechung unter einander parallel.

Anwendung auf ein Planconcavglas, wenn die hohle Seite gegen dem Objecte gekehret ist, und die Dicke des Glases betrachtet wird.

In diesem Falle ist r negativ und $R = \infty$. Es entstehen also aus der Formel §. 71. diese neuen

122.

122. I. Für divergierende Stralen

$$x = \frac{620\,dr + 220\,de + 400\,er}{-341\,d - 620r}$$

123. II. Für parallele $x = \frac{620r + 220e}{-341}$

124. III. Für convergierende

$$x = \frac{-620dr - 220de + 400er}{+341\,d - 620\,r}$$

Wenn die Planseite gegen dem Objecte gekehret ist.

In dieser Voraussetzung ist $r = \infty$, und R negativ. Es entstehen also aus der Formel §. 71. diese neuen.

125. I. Für divergierende Stralen

$$x = \frac{620dR + 400eR}{-341d - 220e - 620R}$$

126. II. Für parallele $x = \frac{620R}{-341} = \frac{20R}{-11}$

127. III. Für convergierende

$$x = \frac{-620dR + 400eR}{341d - 220e - 620R}$$

Wenn die Dicke des Glases verachtet wird.

128. I. Für divergierende Stralen

$$x = \frac{620dR}{-341d - 620R} = \frac{20dR}{-11d - 20R}$$

129. II. Für parallele $x = \frac{620\,R}{-341} = \frac{20\,R}{-11}$

130. III. Für convergierende

$$x = \frac{-620\,d\,R}{341\,d - 620\,R} = \frac{-20\,d\,R}{11\,d - 20\,R}$$

Anwendung auf ein Concavconvexglas.

Wenn die Radii ungleich sind, die convexe Seite gegen dem Objecte gekehret ist, und die Dicke des Glases betrachtet wird. In dieser Voraussetzung ist r positiv und R negativ. Es entstehen also aus der Formel §. 71. diese neuen.

131. I. Für divergierende Stralen

$$x = \frac{-620dRr + 220deR - 400eRr}{341dr - 121de + 220er - 341dR + 620Rr}$$

132. II. Für parallele $x = \frac{-620\,R\,r + 220\,e\,R}{341r - 121\,e - 341\,R}$

133. III. Für convergierende

$$x = \frac{620dRr - 220deR - 400Rr}{-341dr + 121de + 220er + 341dR + 620Rr}$$

Wenn die concave Seite gegen dem Objecte gekehret ist, und die Dicke des Glases betrachtet wird.

In dieser Voraussetzung ist R positiv und r negativ. Es entstehen also aus der Formel §. 71. diese neuen.

134. I. Für divergierende Stralen

$$x = \frac{-620\,d\,R\,r - 220\,d\,e\,R - 400\,e\,R\,r}{-341dr - 121de - 220er + 341dR + 620Rr}$$

135. Für parallele $x = \frac{-620Rr - 220eR}{-341r - 121e + 341R}$

136. II. Für convergierende

$$x = \frac{620dRr + 220deR - 400eRr}{341dr + 121de - 220er - 341dR + 620Rr}$$

Wenn die Dicke des Glases verachtet wird.

137. I. Für divergierende Stralen

$$x = \frac{-620dRr}{-341dr + 341dR + 620Rr} = \frac{-20dRr}{-11dr + 11dR + 20Rr}$$

138. II. Für parallele

$$x = \frac{-620Rr}{-341r + 341R} = \frac{-20Rr}{-11r + 11R}$$

139. III. Für convergierende

$$x = \frac{620dRr}{341dr - 341dR + 620Rr} = \frac{20dRr}{11dr - 11dR + 20Rr}$$

Anwendung auf ein Convexconcavglas, dessen beyderseitige Radii gleich sind.

Wenn die convexe Seite gegen dem Object gekehret ist.

In diesen Voraussetzungen ist $R = r$. aber R zugleich negativ. Es entstehen also aus der Formel §. 71 diese neuen

140. I. Für divergirende Stralen

$$x = \frac{-620dr^2 + 220der - 400er^2}{-121de + 220er + 620r^2}$$

141. II. Für parallele

$$x = \frac{-620\,r^2 + 220\,e\,r}{-121\,e}.$$

142. III. Für convergierende

$$x = \frac{620\,d\,r^2 - 220\,d\,e\,r - 400\,e\,r^2}{121\,d\,e + 220\,e\,r + 620\,r^2}$$

Wenn die concave Seite gegen dem Objecte gekehret ist, und die Dicke des Glases betrachtet wird.

In dieser Voraussetzung ist $r = R$ und r negativ. Es entstehet also aus der Formel §. 71 diese neuen.

143. I. Für divergierende Stralen

$$x = \frac{-620\,d\,r^2 - 220\,d\,e\,r - 400\,e\,r^2}{-121\,d\,e - 220\,e\,r + 620\,r^2}$$

144. II. Für parallele

$$x = \frac{-620\,r^2 - 220\,e\,r}{-121\,e}$$

145. III. Für convergierende

$$x = \frac{620\,d\,r^2 + 220\,d\,e\,r - 400\,e\,r^2}{121\,d\,e - 220\,e\,r + 620\,r^2}$$

Wenn die Dicke des Glases verachtet wird.

146. I. Für divergierende

$$x = \frac{-620dr^2}{620r^2} = -1$$

147.

147. Für parallele

$$x = \frac{-620 r^2}{0} = \infty$$

148. III. Für convergierende

$$x = \frac{620 d r^2}{620 r^2} = d$$

149. **Anmerkung.** Aus den dreyen vorletzten Formeln erhellet, daß wenn die Stralen auf ein Glas auffallen, welches auf einer Seite convex, auf der andern concav ist, also daß der Radius der Convexität dem Radius der Cavität gleich ist, selbe nach der Brechung nicht vollkommen in jener Richtung wieder herausfahren, in der sie hineingefahren sind. Doch wenn die Dicke des Glases gering ist, so wird diese Veränderung der Richtung ebenfalls sehr gering seyn; denn aus den drey letzten Formeln sieht man, daß wenn die Dicke des Glases unendlich klein ist, auch die Richtung die alte bleibe. Und dieses ist die Ursache, warum man dergleichen Gläser niemal zu gebrauchen Pflegt.

Anwendung auf ein beyderseits Planesglas.

In diesem Voraussetzung ist R und $r = \infty$. Es entstehen also aus der Formel §. 71 diese neuen.

150. I. Für divergierende

$$x = \frac{620 d + 400 e}{-620} = -d - \frac{20 e}{31}$$

151. II. Für parallele

$$x = \frac{620}{0} = \infty$$

152. III. Für convergierende

$$x = \frac{-620\,d + 400\,e}{-620} = d - \frac{20\,e}{31}$$

Wenn die Dicke des Glases verachtet wird.

153. I. Für divergirende

$$x = \frac{620d}{-620} = -d$$

154. II. Für parallele

$$x = \frac{620}{0} = \infty$$

155. III. Für convergirende

$$x = \frac{-620\,d}{-620} = d$$

156. I. Anmerkung. Aus den vorletzten dreyen Formeln erhellet. Daß wenn die Lichtstralen auf ein beyderseits planes Glas auffallen, dieselbe nach der Brechung, nicht gar vollkommen jene Richtung gegen einander behalten, die sie vor der Brechung hatten, doch ist dieser Unterschied nicht groß, und rühret nur von der Dicke des Glases her. Denn wenn diese Dicke außer Acht gelassen wird, so verschwindet aller Unterschied. Es läßt sich auch aus Philosophischen Gründen leicht begreifen, daß es also geschehen müsse; den jener Stral, welcher auf das Planglas perpendicular einfällt, fährt ungebrochen durch, die übrigen werden im Eintritte in das Glas gegen dem Perpendickel gebrochen: sie fallen hiemit minder schief, auf die zweyte Seite des Planglases, und werden eben darum im Austritte aus dem Glase minder vom Perpendickel ge-

gebrochen, als sie im Eintritte gegen demselben sind gebogen worden: Ihre Richtung wird also in etwas veränderet.

157. II. Anmerkung. Durch Hilf dieser Formeln kann man den Weeg der Lichtstralen bestimmen, sie mögen durch ein Glase von was immer einer Gestalt gebrochen werden. Allein es fällt vielleicht eben diese Menge der Formeln einigen in der Ausübung oder Berechnung beschwerlich. Diese können Anstatt aller dieser Formeln nur drey einzige behalten, und sich dieser in allen Fällen bedienen: jene drey nämlich welche §.97 ꝛc. für ein beyderseits gleich convexes Glas sind angesetzt worden. Denn es mag das Glas zu beyden Seiten was immer für Krümmungen haben, so giebt es doch allezeit ein beyderseits gleich erhabenes oder beyderseits gleich hohles Glas, welches eben dieselbe Wirkung herfürbringen würde. Wenn man also die Wirkung eines Glas berechnen will, welches zu beyden Seiten verschiedene Krümmungen hat, so darf man zu erst suchen, was für ein Glas von gleichen Krümmungen eben diese Wirckung herfürbringen würde: oder was eines ist, man darf nur das Glas von ungleichen Krümmungen zu einem andern von gleichen Krümmungen reduciren, und alsdenn aus den §.97 ꝛc. angesetzten Formeln die Berechnung anstellen. Damit wir nun sehen, wie diese Reduction geschehen kann, so wollen wir die Formel §.98. für parallele auf ein beyderseit gleich convexes Glas fallende Stralen nämlich $x = \frac{10\,r}{11}$ und die Formel §.89. für parallele auf ein beydesseits ungleich convexes Glas fallende Stralen, nämlich $x = \frac{20\,R\,r}{11\,R + 11\,r}$ für die Hand nehmen.

men. Weil nun in unser Voraussetzung beyde diese Gläser die nämliche Wirkung herfürbringen müssen, so muß, wenn wir den Radius des beyderseits gleich gekrümmten Glases alle Verwirrung zu vermeiden mit x benennen, diese Gleichung entstehen.

$$\frac{10x}{11} = \frac{20Rr}{11R+11r}$$ folglich

wird seyn $10x = \frac{20Rr}{R+r}$ und

$$x = \frac{2Rr}{R+r}.$$

Man kann also diese Reduction zu machen diese allgemeine Regel geben. Multipliciret die Radios der beyderseitigen Krümmungen durch einander, und dieses Product multipliciret noch einmal mit 2: dieses letzte Product dividiret durch die Summe, aus beyden Radiis, der Quotient giebt den Radius eines beyderseits gleich gekrümmten Glases, welches die nämliche Wirkung thut. Wir wollen die Anwendung in einigen Exempeln machen.

Erstes Exempel.

Ihr habet ein beyderseits convexes Glas: der Radius einer Krümmung ist 2 Zolle, der Radius der andern 3 Zolle. Von was für einem Radius muß ein beyderseits gleich convexes Glas geschliffen seyn, damit es die nämlich Wirkung habe?

Ihr habet $R = 2$ und $r = 3$. Hieraus entsteht

$x =$

$$r = \frac{2Rr}{R+r} = \frac{2\times3\times2}{2+3} = \frac{12}{5} = 2.4.$$

Zweytes Exempel.

Ihr habet ein Glas, welches auf der einen Seite convex auf der andern hohl ist. Der Radius r der Convexität ist 3 Zolle, der Radius der Cavität R ist 5 Zolle. Was für ein Glas von beyderseits gleichen Krümmungen wird die nämliche Würkung thun?

Ihr habet $r = 3$: und $R = -5$. Hieraus entsteht

$$r = \frac{2\times3\times-5}{3-5} = \frac{-30}{-2} = 15$$

Ein beyderseits gleich convexes Glas von 15 Zollen im Radius wird also eine gleiche Wirkung mit dem Anfangs gegebenen haben.

Drittes Exempel.

Ihr habet ein anderes auf der einen Seite convexes auf der audern hohles Glas: der Radius r der Convexität ist ist 3 Zolle, der Radius R der Cavität ist $1\frac{1}{2}$ Zoll, was für ein Glas von gleichen Krümmungen thut die nämliche Wirkung?

Ihr habet $r = 3$ und $R = -1.5$. Hieraus entsteht

$$r = \frac{2\times3\times-1.5}{3-1.5} = \frac{-9.0}{1.5} = -6.$$

Ein beyderseits hohles Glas von 6 Zollen im Radius wird also eine gleiche Wirkung thun.

Viertes Exempel.

Ihr habet ein beyderseits hohles Glas, der Radius r auf einer Seite ist 4 Zolle, der Radius R der andern Seite ist 8 Zolle. Was für ein Glas von bey-

Spengler.

derseits gleichen Krümmungen wird die nämliche Wirkung haben?

$$\text{Ihr habet } x = \frac{2\times - 4\times - 8}{-4 - 8} = \frac{64}{-12} = -$$

5. 3333.

Fünftes Exempel.

Ihr habet ein planconveres Glas. Der Radius r der Convexität ist 4 Zolle. Was für ein Glas von beyderseits gleichen Krümmungen thut die nämliche Wirkung?

Ihr habet $r = 4$ und $R = \infty$. Hieraus entsteht

$$x = \frac{2 \times 4 \times \infty}{4 + \infty} = \frac{8\infty}{\infty} = 8.$$

Nachdem die eben angezeigte Reduction ist gemacht worden, so könnet ihr den Weeg der gebrochenen Stralen zu bestimmen jederzeit die Formeln §§. 97. 98 und 100 brauchen. Dieses allein habet ihr hiebey zu merken: daß wenn das Glas zu beyden Seiten gleich hohl ist, so müsset ihr alle jene Glieder der Formeln, in welchen ein r ist mit verkehrtem Zeichen nehmen.

Drittes Capitel.

Von der Optick.

Erster Abschnitt.

Beschreibung des Auges.

158. Die XIII. Figur stellet ein Aug für. Die äußere Form des Auges ist genugsam bekannt, und bedarf keiner Beschreibung. Die Theile, aus denen es zusammen gesetzet ist, sind zweyerley, nämlich Häute und Säfte.

Häute werden genennet iene äußeren Theile, welche die Säfte in sich einschließen. Sie sind fünfe an der Zahl: die harte Haut (cornea) die schwarze Haut (chorois) das Traubenhäutchen (uvea) das netzförmige Häutlein (retina)

Die harte Haut ist die äußerste und eigentliche Haut des Auges, sie ist in der Figur vorgestellet durch A E D B. Sie ist ziemlich dick, hart und undurchsichtig: all in der vordere Theil derselben A B ist durchsichtig: und eben dieser durchsichtige Theil wird die Hornhaut genennet, weil er mit einem durchsichtigen Horn eine ziemliche Aehnlichkeit hat. Sie ist ein Stück von einer mehr gekrümmten Kugel als der letzte Theil.

Unter der harten Haut liegt eine andere viel dünnere, und bey den Menschen Kohlschwarze Haut, daher sie auch die schwarze Haut genennet wird. Der vordere Theil eben dieser Haut zwischen Q und Q wird das Traubenhäutchen genennet. Man nennet eben diesen Theil auch zuweilen (iris)

den Regenbogen, wegen den verſchiedenen Farben, welche aber nicht in allen Augen die nämlichen ſind. Dieſe Haut iſt von fornen mit einem runden Loch verſehen, welches den Namen des Augapfels oder des Sterns im Auge führt, und dem Lichte den Eintritt in das innere des Auges geſtattet. Uebrigens beſteht die Iris aus zwoen Gattungen Fäſerchen: eine ſind kreisförmig, die andern geradlinicht: und dieſe zielen alle gegen dem Mittelpuncte des Augapfels. Durch Hilf dieſer geradlinichten Fäſerchen kann ſich der Augapfel erweitern oder zuſammenziehen, nach Erfoderung des ſchwächern oder ſtärkern Lichtes. Doch behält er immer eine runde Geſtalt, er mag ſich öffnen oder enger zuſchließen. Die Retina oder das Netzlein iſt nicht ſofaſt eine Haut, als eine ſehr ſubtile Ausbreitung des Sehenervens D. Sie beſteht alſo aus lauter ſehr kleinen Nerven, welche auf die Art eines Netzchens unter einander gewoben ſind.

Der Säfte ſind drey. Jener, welcher den vordern Raum unter der Hornhaut bis zum cryſtallenen Saft erfüllet, iſt vollkommen flüßig, und heißt die wäßerige Feuchtigkeit (humor aqueus) Der im untern Raum hinter dem Cryſtallſaft iſt etwas dicker, wie das weiße von einem friſchen ungeſottenen Ey, und heißt die glasartige Feichtigkeit. (humor vitreus) Die dritte F G iſt wie eine Linſe geſtaltet, aber mit Oberflächen von verſchiedenen Krümmungen; denn die vordere Oberfläche iſt ſtärker gekrümmet. Er liegt zwiſchen beyden vorermeldten, und hänget an den Seitenhäuten vermittelſt ſeinen Faſern, die rings um ihn ausgebreitet ſind. Man nennet dieſen Saft die cryſtallene Feichtigkeit (humor cryſtallinus) Sie iſt hart, wie das Weiße eines hartgeſottenen Eys, aber ſo durchſichtig als die andern beyden, und unterſcheidet ſich von ihnen auch durch eine größere Kraft die Stralen zu brechen.

Zweyter Abschnitt.

Es wird erkläret, wie im Grunde des Auges die Bilder der Objecte entstehen, nach denen wir unsere Augen gerichtet haben, und wie wir durch Hilfe dieser Bilder sehen.

159. Wenn ein für sich selbst leuchtendes, oder von der Sonne genugsam erleuchtetes Object dem Auge ausgesetzet ist, so kann ein jeder Punct R desselben (Fig. XIII.) als ein stralender Punct betrachtet werden, von welchem unzählige Stralen nach allen Richtungen ausfahren. Ein Theil dieser Stralen wird auf die runde Oeffnung im Auge, das ist, auf den Augapfel fallen. Dieses Büschelchen, von einem Puncte ausgefahrener und vom Augapfel aufgefangener Stralen, wird also einen Kegel fürstellen, dessen Grundfläche der Augapfel, der Gipfel aber der stralende Punct ist. Aus allen diesen Stralen wird ein einziger, jener nämlich, welcher auf die Hornhaut und die darunter liegende wäßerige Feuchtigkeit perpendicular ist, ohne seine Richtung zu ändern, in das Innere des Auges hinein fahren (§. 18.) Die übrigen alle werden von der wäßerigen Feuchtigkeit, hernach wieder im Eintritt in den crystallenen Saft, und endlich im Ausgang aus dem selben also gebrochen, daß sie sich irgendwo mit dem ungebrochenen wieder in einem Puncte vereinigen.

Weil nun ein jeder Stral die Farbe jenes Puncts, von dem er ausgeflossen ist, gleichsam mit sich trägt, so muß irgendwo im Puncte r der stralende Punct R lebhaft entworfen werden. Und weil alles, was vom Puncte R ist gesagt worden, sich ebnermaßen vom Puncte S, Q und allen andern des Objects sagen läßt, so folget, daß das ganze

Object irgendwo hinter dem wäßerigen und crystallenen Saft abgebildet werden muß.

160. **Anmerkung.** Die Brechung der Stralen, die in das Auge fahren, geschieht also, daß sich der Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des gebrochenen verhält im Eingang in die wäßerige Feuchtigkeit wie 4 zu 3, im Eingang in den crystallenen Saft wie 13 zu 12: Im Austritt aus der crystallenen und Eingang in die glasartige Feuchtigkeit wie 12 zu 13.

Zweyte Anmerkung. Der Stral, welcher auf die wäßerige Feuchtigkeit perpendicular einfällt, ist nicht eben darum auch auf die übrigen perpendicular: und wenn er es nicht ist, so muß er in diesen gebrochen werden. Allein weil diese Brechung in den zwoen letzten Feuchtigkeiten sehr klein ist, und über das in der einen gegen, in der andern von dem Perpendickel geschieht, so kann man sie verachten, und annehmen, als wenn der auf die wäßerige Feuchtigkeit perpendicular fallende Stral gar keine Brechung litte. Und dieser im Auge ungebrochene Stral wird die Achse des ganzen von einem Punete in das Auge fallenden Stralenbüscheleins, oder auch die Achse desselben Puncts, von dem dieses Stralenbüschelchen ausgeflossen ist, genannt.

161. Wenn die Puncte, in denen die von einem jeden Puncte des Objects ausfließenden Stralen wieder vereiniget werden, eben in dem Netzlein liegen, so wird auf diesem Netzhäutlein ein deutliches Bild des Objects entworfen werden. Geschieht aber diese Vereinigung vor oder hinter dem Netzlein, so wird auf dem selben zwar ein Bild des Objects entworfen werden, aber ein minder deutliches. Denn in diesen Fällen werden die von einem Puncte des Objects ausgeflossenen Stralen vom Netzlein aufgefangen, entweders ehe sie sich wieder in einen Punct vereiniget, oder nachdem

sie

sie sich nach der Vereinigung wieder von einander getrennet haben. Es wird also das Licht, das von einem Puncte ausgeflossen ist, in einen Cirkel ausgebreitet seyn. Es werden ferner die Cirkeln mehrer nahe bey einander liegender Puncte sich mit einauder wenigst zum Theile vermischen: und wenn diese Puncte von verschiedener Farbe sind, so werden diese Farben unter einander vermischet werden; wodurch dann neue Farben, und mit einem Worte ein undeutliches Bild entstehen muß.

162. Von der Vollkommenheit oder Unvollkommenheit dieser Bilder hängt die Vollkommenheit oder Unvollkommenheit des Sehens ab. Wird das Bild einer Sache in unserem Netzlein deutlich abgemahlet, so sehen wir deutlich: ist aber dieses Bild undeutlich, so sehen wir ebenfalls undeutlich. Warum aber dieß? betrachtet etwan die Seele die im Netzlein entworfenen Bilder, und richtet sie nach diesen ihr Urtheil ein? Keines wegs. Aber wenn das Bild im netzförmigen Häutlein deutlich ist, so kömmt ein jeder Punct des Auges nur von einem Puncte des Objects Licht. Es wird also ein jedes Fäserchen des Netzleins nur von den Stralen, die von einem Puncte ausgeflossen sind, ge rühret. Es bekömmt also eine Bewegung, die der Beschaffenheit dieses Puncts, den Farben, der von diesem Puncte zurückgeworfenen Stralen angemessen ist. Diese Bewegung wird durch die Nerven bis in das Hirn fortgepflanzet: da wird sie, und durch sie die Farbe des Puncts deutlich empfunden. Ist aber das Bild im Netzlein undeutlich, so wird das von einem Puncte des Objects zurückgeworfene Licht verschiedene Fäserchen in Bewegung setzen. Jedes Fäserchen wird von verschiedenen von verschiedenen Puncten herkommenden Stralen gerühret: die Seele kann also keinen Punct vermittelst dieser Empfindung vom andern unterscheiden, weil verschie-

dene Puncte zur Erregung derselben beygetragen haben; sie empfindet also keinen Punct deutlich.

163. Wenn ein stralender Punct von einem kugelförmigen brechenden Körper sich immer mehr und mehr entfernet, so rückt der Vereinigungs Punct auf der andern Seite immer näher gegen dem selben (§. 64.) Wenn also in einer gewißen Entfernung das Bild eines Objects eben im Netzlein deutlich entworfen wird, so kann dieses Bild nicht mehr deutlich seyn, so bald das Object sich dem Auge nähert, oder von demselben sich entfernet, wenn anderst in den Theilen des Auges nicht zu gleich eine Veränderung vorgeht. Unter dessen lehret uns die Erfahrung, daß wir nicht nur in einer gewißen Entfernung, sonder in ziemlich verschiedenen deutlich sehen. Es muß also das Bild der Gegenstände auch in verschiedenen Entfernungen eben auf dem Netzlein entworfen werden, und eben darum müssen im Auge, wenn die Entfernung des Objects sich änderet, auch einige Veränderungen vorgehen.

Was sind aber dieß für Veränderungen? Die Naturlehrer sind hierinn nicht einstimmig. Die Meinung des Herrn Jurius ist diese. Wenn das Auge vollkommen in Ruhe ist, so ist es so eingerichtet, daß es auf eine gewiße mäßige Entfernung etwan von 9 bis 10 Zollen deutlich siehet, und daß also das Bild des Gegenstandes eben in dem Netzlein entworfen wird. Kömmt nun der Gegenstand näher, so würde sein Bild weiter hinter dem crystallenen Saft, und folglich hinter dem Netzlein gestaltet, und also das Sehen undeutlich werden. Diesem Fehler abzuhelfen ziehet sich der Regenbogen vermittelst seiner Fasern zusammen, und machet dardurch die Hornhaut, mit der er verbunden ist, und eben darum auch die darunter liegende wäßerige Feuchtikeit erhabener. Die Stralen werden also

stär-

stärker gebrochen, und daher bälder nämlich abermal im Netzlein vereiniget. Sehen wir nicht mehr nach einer so nahe liegenden Sache, so höret der Regenbogen zu wirken auf, und die Hornhaut giebt sich durch ihre natürliche Federkraft wieder zur Krümmung für 9 oder 10 Zolle. Richten wir unser Auge nach einer merklich mehr entfernten Sache, so würde sich ihr Bild, wenn keine Veränderung im Auge vorgehen sollte, schon vor dem Netzlein abbilden (§. 64.) Dieses zu verhindern, ziehen sich die Fasern G d, F d, durch welche die Haut, die den crystallenen Saft einschließt, mit der harten Haute verbunden ist, zusammen, und bringen den Theil der vordern Seite dieser Haut, in den sie gehen, etwas vorwärts. Das Wasser, welches inner der Haute den crystallenen Saft umgiebt, muß also vom Mittel, gegen diese vorwärts gezogenen Theile fließen. Es sinket hiemit der mittlere Theil ein wenig. Mit einem Worte die ganze Vorderfläche wird minder erhaben. Die Stralen werden, da sie hineinfahren minder gebrochen, und vereinigen sich also in einer größern Entfernung, als ohne diese Veränderung geschehen wäre, nämlich abermal in dem Netzlein. Höret die Wirkung dieser Fasern auf, so setzet sich der crystallene Saft, und das ganze Auge wieder in die gewöhnliche Gestalt.

164. Die Augen, in welchen diese Veränderungen also können vorgenommen werden, daß so wohl ziemlich entfernte als ziemlich nahe Sachen deutlich erscheinen, werden gute Augen genennet. Jene aber, welche nur nahe Sachen deutlich sehen, heißen Kurzsichtige (myopes) und die nur ziemlich entfernte Sachen deutlich erkennen, weitsichtige (presbytæ) Weitentfernte Objecte haben ihr Bild näher beym brechenden Körper, als nahe liegende Dinge (§. 64.) Weil also die Kurzsichtige die nahe liegenden Sachen

deutlich, die weit entfernten undeutlich sehen, so müssen bey ihnen die Bilder weit entfernter Sachen zu geschwind, und schon vor dem Netzlein gestaltet werden; die Brechung der Stralen muß also in diesen Augen zu stark, und daher entweders die Hornhaut oder der crystallene Saft zu erhaben seyn. Das Gegentheil muß bey den weitsichtigen Statt haben. Daher kömmt es, daß sich die ersteren durch concave, die letzteren durch convexe Gläser helfen können. Denn die concave Gläser zerstreuen die Stralen, und machen die von weit entlegenen Sachen kommenden Stralen so einfallen, als wenn sie von nahe gelegenen kämen (§. 66.) Die convexe Gläser bringen die Stralen enger zusammen, und machen die von nahen Sachen kommenden also in das Auge fallen, als wenn sie von weit entlegenen kämen. Unter dessen müssen so wohl die kurz als weitsichtige einige Veränderungen in ihrem Auge vornehmen können; denn man wird nicht leicht einen Kurzsichtigen finden, der nicht in verschiedenen Entfernungen, wenn sie nur alle noch ziemlich klein sind, deutlich siehet. Zu dem so bedienen sich diese Leuthe immer des nämlichen Glases, sie mögen mehr oder wenig entlegene dinge deutlich sehen wollen: welches ohnmöglich angehen könnte, wenn ihre Augen keiner Veränderung fähig wären. Ein gleiches läßt sich von den Weitsichtigen sagen.

165. Die beständige Uebung der Musceln erhält ihnen das Vermögen zu wirken, und die Unterlassung des Gebrauches vermindert es. Die elastischen Theile, welche eine gewise Spannung lang leiden, machen sich diese Spannung, so zu sagen, natürlich, und verliehren etwas von ihrer Federkraft. Aus diesen Grundsätzen, und aus dem, was eben von Veränderung des Auges ist gesagt worden, lassen sich die Mängel des Sehens, welche aus einer Gewohn-

heit

heit entstehen, erklären. Die sich gewöhnt haben fast immer in die Ferne zu sehen, als reisende, Seeleuthe, Jäger u. d. g. haben die Musceln, durch welche die Haut des crystalenen Safts mit der harten verbunden ist, fast immer gespannt, die Haut des crystallenen Saftes, war also fast immer minder gekrümmet. Diese mindere Krümmung wird ihr hiemit, so zusagen, natürlich, sie können daher nahe Sachen nicht mehr deutlich sehen.

Wer sich zeitig an Brillen gewöhnt, hat fast niemals nöthig durch Anspannung der Musceln des Regenbogens die Hornhaut erhaben zu machen, er unterläßt also den Gebrauch dieser Musceln, und eben durch diese Unterlassung werden diese Museln zur gehörigen Spannung untüchtig, und die Brillen werden solchen Leuthen bald nothwendig.

Kinder lesen gemeiniglich viel näher als Erwachsene, weil sich ihre Biegsame Hornhaut leicht für eine kleinere Entfernung einrichten, und die nähere Schrift größer aussieht, als eine Weitere.

Alte Leuthe sehen insgemein besser in die Weite als Junge. Man giebt gemeiniglich für die Ursache dessen das Zusamenschrumpfen der Häute und Säfte an. Allein giengen alle Theile proportionirt zusammen, so würden sie vielmehr kurzsichtig werden. Es scheinet also die wahre Ursache zu seyn, daß die Hornhaut, derer Gewebe lockerer und dem Luft mehr als andere Häute und Säfte ausgesetzt ist, mehr als die anderen einschrumpfet, und dadurch flächer wird.

166. Es sind noch einige Fehler der Augen, welche ich ietzt kurz erklären will. Die Greisen sehen zum öftern einige dunkle Flecken vor ihren Augen. Diese Flecken sind nicht alle von einerley Eigenschaften. Einige sind beständig, sie behalten immer die nämliche Stellung in Ansehung der

Achse

Achse des Auges, oder was eines ist, sie erscheinen immer zur nämlichen Seite, und in der nämlichen Entfernung von jenem Gegenstande, auf welchen das Aug gerichtet ist. Andere scheinen ihren Ort zu verändern, und hin und her zu fliegen, daher sie fliegende Mucken genennet werden. Jene müßen also von einer Ursache herkommen, welche im Auge beständig an einem Orte sich einfindet. Der Herr de Lahire vermeint, sie kommen her von einem in dem Netzlein aus den Adern getriebenen und gestockten Blut. Diese müßen von einigen undurchsichtigen Partickeln herkommen, die im Auge ihren Ort verändern. De Lahire schreibet sie dergleichen im wässerigen Safte umher schwimmenden Theilen zu.

Es ereignet sich nicht selten, daß die Hornhaut undurchsichtig wird. Man sagt, man könne diese Krankheiten heilen, wenn man einen sehr subtilen aus gestoßenem Glase verfertigten Staub täglich in das kranke Auge bläßt, wenn anderst die Undurchsichtigkeit die Hornhaut noch nicht gänzlich durchdrungen hat.

Wenn der crystallene Saft seine durchsichtigkeit verliehrt, so sagt man, dieser Mensch habe den Stahr. Diese Krankheit zu heilen durchsticht man die Hornhaut mit einem sehr subtilen Spitz, und ziehet mit selbem den crystallenen Saft auf eine Seite. Aber diese Leute müssen sehr convexe Gläser brauchen, den Abgang des crystallenen Safts zu ersetzen.

Dritter Abschnitt.

Von einigen Umständen und Eigenschaften der Bilder im Auge.

167. Die Stellung der Bilder im Auge zu bestimmen, wol-

wollen wir nur die Achse eines ieden Stralenkegels, der von was immer für einem Puncte des Objects in das Auge kömmt, betrachten; denn wenn anderst das Bild deutlich seyn soll, so müßen alle übrige Stralen die vom nämlichen Puncte geflossen sind, sich im Netzlein mit dieser vereinigen.

Es sey nun Fig. XIII. Tab. II. S R Q ein Object: Q C q die Achse des vom Puncte Q kommenden Kegels: S C s die Achse des Stralenkegels den der Punct S in das Auge schickt. Weil diese Achsen einander in C durchkreutzen, so muß die vom linkerhandliegenden Puncte ausfahrende auf der rechten Seite im Auge nämlich in s auftresen: die vom rechtsstehenden Puncte Q ausgefahrene muß im Auge linkerhand in q aufstoßen. Die Bilder der Gegenstände sind hiemit im Auge verkehrt, denn was rechts steht, wird links, was links liegt, wird rechts entworfen.

168. Wenn der Gegenstand dem Auge gerade entgegen gesetzet ist, so hängt die Größe des im Auge entworfenen Bildes ab, erstens von der Größe des Gegenstandes, zweytens von der Entfernung desselben vom Auge. Ist das Object zwey, drey, viermalgrößer, so wird auch das Bild zwey, drey, viermal größer: wächst aber die Entfernung desselben, so nimmt das Bild in dem nämlichen Verhältniße ab, mit einem Worte die Größe des Bildes ist der Größe des Gegenstandes gerade und der Entfernung desselben umgekehrt proportional: oder was eines ist, die Größe des Bildes hat ein zusammengesetztes Verhältniß aus dem geraden Verhältniße der Größe der Gegenstände und aus dem verkehrten ihrer Entfernungen. Sind also die Gegenstände gleich groß, aber in verschiedenen Entfernungen, so sind die Bilder ihrer größe nach umgekehrt wie diese Entfernungen: ist die Entfernung zweyer

Gegen-

Gegenstände gleich, so sind ihre Bilder gerad wie ihre Größen. Nichts ist leichter als alles dieses zu erweisen.

Es seyn (Tab. II. Fig. XIV.) zween Gegenstände AB und DE in der nämlichen Entfernung OC vom Auge. Wegen dem kleinen Raume, welchen die Bilder ed und ba im Auge einnehmen, können sie als geradlinicht, und mit ihren Gegenständen Parallel angesehen werden. Die Triangel ACO, aCo, wie auch die Triangel DCO und dCo sind also einander ähnlich. Folglich ist

AO: ao:: OC: oC

DO: do:: OC: oC

und hiemit AO: ao:: DO: do

und ao: do:: AO: DO

Das ist die Hälften der Bilder sind wie die Hälften der Gegenstände, und folglich auch die ganzen Bilder wie die ganzen Gegenstände.

Es seyn (Tab. II. Fig. XV.) zween gleich große Gegenstände AB und GH, der eine in der Entfernung IS, der andere in der Entfernung IK. Der Punct A wird in a, und Punct B in b, der Punct G in g, der Punct H in h entworfen werden. Das Bild des Gegenstandes AB wird also seyn ab: das Bild von GH aber gh. Weil nun die Triangel AIB und aIb, wie auch die Triangel GIH und gIh einander ähnlich sind, so haben wir folgende Proportionen.

AB: ab:: KI: Ik

und GH oder AB: gh:: SI: Ik

folglich ist AB×Ik = gh×SI

und AB×Ik = ab×KI

folglich ist gh×SI = ab×KI

hiemit ist ab: gh = SI: KI

das ist die Größe der Bilder verhält sich umgekehrt wie die Entfernungen der Gegenstände.

169. Wenn die Sache dem Auge nicht gerad sonder schief entgegen steht, so wird das Bild immer kleiner, je schiefer die Sache gegen dem Auge liegt. Es sey z. E. (Tab. II. Fig. XVI.) das Aug in O, der Gegenstand, nach welchem es siehet, sey A B. Es ist klar, daß von ihm kein größeres Bild im Auge entworfen werden kann, als von der zwischen den zween äußersten Stralen O B und O A aufrecht stehenden Linie C A. Nun aber wird diese Linie, und folglich auch ihr Bild immer kleiner, je tiefer das Aug in der Linie O P herabrückt, das ist, je schiefer es den Gegenstand A B betrachtet.

170. **Aumerkung.** Ein Object verschwindet, wenn es unter einem kleinern Winkel als von einer halben Minute erscheinet. Dieses lehret die Erfahrung. Denn ein Mensch von einem recht guten Gesicht, kann eine auf schwarzem Grunde stehende weiße Cirkelfläche von einem Zolle im Durchmesser in der Entfernung von 5156 Zollen, oder 429 Schuhen kaum mehr entscheiden. Und dennoch ist der Winkel, unter dem diese Cirkelfläche in das Auge fällt, noch größer als eine halbe Minute, denn er beträgt $\frac{1}{2}$ einer Minute.

171. Wenn wir recht deutlich sehen wollen, so betrachten wir nur einen ziemlich kleinen Theil einer Sache auf einmal, daß also der Winkel A C B oder a C b (Fig. XIV.) ziemlich klein wird. Nun aber verhalten sich kleine Winkel bey nahe wie ihre ihnen gerad entgegen stehenden Seiten. Es kann also alles was von der Größe des im Auge entworfenen Bildes ist gesagt worden, auch von den Sehewinkeln, unter welchen die Sachen gesehen werden,

verstanden werden: das ist, der Sehewinkel ist um so viel kleiner je kleiner die Sache, je größer ihre Entfernung ist, und je schiefer sie gegen dem Auge liegt.

172. Die Klarheit und Lebhaftigkeit des Bildes hängt von der Menge des Lichtes ab, welches von dem Gegenstande in das Auge kömmt. Es kommen aber desto mehrere Stralen von einem jeden Puncte in das Auge, je stärker es leuchtet. Es kommen auch desto mehrere Stralen in das Auge je größer desselben Oeffnung oder der Augapfel ist. Daher kömmt es, daß wir beym schwachen Lichte den Augapfel erweitern um so viel Licht zu bekommen, als zu einem genug lebhaften Bilde erfodert wird. Obwohl aber die größere Oeffnung des Augapfels zur Klarheit hilft, so schadet sie doch der Deutlichkeit des Bildes; denn wir haben (§. 56.) gesehen, daß nur die sehr nahe bey der Achse einfallenden Stralen in einen Punct vereiniget werden. Wenn nun die Oeffnung des Auges größer wird, so kommen mehrere merklich von der Achse abweichende Stralen in dasselbe: sie werden also nicht alle in einen Punct versammelt, und das Bild wird undeutlich. Und dieses ist die Ursache, warum wir, wenn genugsames Licht vorhanden ist, und wenn wir den Gegenstand recht deutlich sehen wollen, den Augapfel zusammenziehen, oder gar ein kleines Löchlein durch ein Papier stechen, und durch selbes den Gegenstand betrachten.

173. Die größere Entfernung des Gegenstandes vermindert für sich selbst die Klarheit des Bildes nicht. Denn gleichwie in einer z. E. zweymal größern Entfernung viermal weniger Stralen in das Auge kommen (§. 12.) so wird auch das Bild des Gegenstandes viermal kleiner; denn

es

es wird zweymal schmäler und zweymal niederer (§. 168.). Es fällt also auf einen viermal kleinern Raum viermal weniger Licht. Es ist also in einem jeden Theile dieses Raumes in beyden Fällen gleich stark. Wenn also entfernte Sachen matt aussehen, so rühret dieses daher, weil der Dunstkreis einen desto grössern Theil der Stralen auffängt, und in das Auge zu kommen hinderet, je weiter das Licht denselben durchstreichen muß. In der That sehen die Sonne, der Mond und die Sterne am Horizonte weit matter aus, und werden immer heller, je höher sie steigen, weil die Dünste, welche ihren Stralen im Wege liegen, am Horizonte den längsten Wege ausmachen, und am dicksten sind.

174. Wir wollen nun alles, was in diesem Abschnitte ist gesagt worden, kurz zusammen ziehen; weil viel daran gelegen ist, daß man dieses alles wohl im Gedächtniße habe. 1. Die Deutlichkeit des Bildes hängt von der genauen Vereinigung der Stralen im Netzlein ab, die von einem Puncte des Gegenstandes in das Auge gekommen sind. 2.tens Die Lebhaftigkeit des Bildes hängt ab von der Menge der Stralen, die auf einen gewißen Raum des Netzleins fallen. 3.tens Die Größe des Bildes, wie auch des Sehewinkels hängt ab von der Größe, Entfernung und mehr oder minder schiefen Lage des Gegenstandes.

Vierter Abschnitt.

Wie wir durch die im Auge entworfenen Bilder Begriffe bekommen.

175. Wie geschieht es, daß uns die Körper weit gröfer erscheinen, als sie sich auf dem Netzlein abmalen? daß die Sachen, die wir sehen, außer unsern Augen erscheinen,

da doch ihre Bilder inner dem Auge entworfen werden? daß sie diese oder jene Entfernung zu haben scheinen? Mit einem Worte, wie geschieht es, daß wir durch die im Auge entworfenen Bilder diese und keine andere Begriffe bekommen? diese Frage ist aus der Zahl der jenigen, welche sich überaus schwer deutlich beantworten lassen. Ueberhaupt kann man dieses sagen, daß wir hierin sehr viel einem andern Sinne, dem Gefühle nämlich zu verdanken haben. Ganz andere Vorstellungen würde in uns das Sehen verursachen, wenn das Gefühl dem Gesichte nicht zu Hilfe käme: ohne Gefühl würden wir ganz anderst sehen, als wir wirklich sehen. Niemand ist geschickter dieses zu beweisen, als ein Mensch, welcher, da er von Geburt an blind war, schon erwachsen das Gesicht auf einmal bekömmt. Der berühmte Engelländer Herr Cheselden giebt uns einen solchen Menschen, da er einem blind Gebohrnen im vierzehenten Jahre seines Alters den Stahr gestochen hat. Niemand ist fähig sich die Entzückung vorzustellen, in die dieser Mensch versetzet wurde, als er die Welt das erstemal erblickte, und ihm der Vorhang hinweg gezogen wurde, der ihm bis dahin so viele Schönheiten verdecket hatte. Man war genöthiget ihm vermittelst eines Flores die ungewohnte Empfindung zu mäßigen, damit er nicht in Gefahr geriethe Convulsionen zu bekommen. Doch was am meisten zu unserer gegenwärtigen Betrachtung dienet, sind seine seltsammen Urtheile von den Sachen, die er sah. Alles schien ihm auf seinen Augen zu liegen, und dieselbe zu berühren: von der Entfernung der Gegenstände konnte er lediglich nicht urtheilen. Eine Sache, welche einen Zoll groß war, aber vor seinen Augen stund, hielt er für eben so groß, als ein ganzes Haus, welches ihm dadurch verdecket wurde. Ich weiß freylich, sagte er, daß mein Zimmer ein Theil des Hauses ist; wenn ich aber dem

Gesichte glauben sollte, so ist es größer als das ganze Haus. Er konnte durch das Gesicht nicht ausmachen, ob etwas rund oder eckicht wäre, bis er es durch das Berühren erfahren hatte. Ja er kannte durch das Gesicht die Gestalt keiner Sache: er unterschied keine von der andern, sie möchten ihrer Gestalt nach noch so verschieden seyn: sonder wenn man ihm sagte, es wäre diese oder jene Sache, die er zu vor durch das Gefühl erkannt hatte, betrachtete er sie sehr aufmerksam, um dieselbe, wenn sie ihm wieder zu Gesichte kommen sollte, alsdenn zu kennen. Weil er aber auf einmal zu viel neue Sachen lernen mußte, vergaß er sie immer wieder, und lernte, wie er sagte, in einem Tage tausend Dinge kennen, die er doch wieder vergaß. Anfangs hielt er die Körper für flache Bilder, und er erstaunte, da er durch das Gefühl wahr nahm, daß sie Erhöhungen und Vertiefungen hatten. Als er von diesem Fehler durch das Berühren überführt worden, erwarthete er eben dieses, da er gemalte Bilder vor Augen hatte, und er erstaunte, als er durch das Berühren erfuhr, daß sie glatt wären. Er fragte, welcher aus beyden Sinnen der Betrüger wäre, das Gefühl oder das Gesicht. Man zeigte ihm seines Vaters Bild in einem kleinen Angehänge abgemalet. Er erkannte eine Aehnlichkeit, konnte aber nicht begreiffen, wie ein so großes Gesicht in einem so kleinen Raume Platz hätte. Mehrere Monate brauchte er, diese und andere dergleichen Irrthümer abzulegen. Es hat also seine Richtigkeit, wir lernen sehen, wie wir lesen, schreiben, und gehen lernen, nämlich durch die Uebung. Wir machen anfangs unzählige Fehler, welche nach und nach das Gefühl verbessern muß. Alle diese Fehler bringen uns nach und nach gewiße Regeln bey, nach welchen wir uns im Sehen richten, und welche uns nach Beschaffenheit der Umstände eben so wohl

zu wahren als falſchen Begriffen Anlaß geben. Es iſt auch kein Wunder, daß wir uns dieſer Regeln eben ſo wenig erinneren, als derer, durch welche wir gehen gelernet haben: denn wir haben uns jene noch früher als dieſe, nämlich in der erſten Kindheit gemacht. Nun dieſes vorausgeſetzt, will ich zur Sache ſchreitten, und ſo viel mir möglich erklären, nach was für Regeln wir durch das Sehen unſere Begriffe erlangen.

176. Warum ſehen wir die Sachen aufrecht, da doch ihr Bild in dem Auge verkehrt entworfen wird? (§. 167). Man pflegt dieſe Frage alſo zu beantworten. Ein jeder einfallender Stral, da er auf das Netzlein ſtößt, bringt in deſſen Nerven eine Bewegung herfür. Dieſe Bewegung empfindet die Seele, und aus der Art dieſer Bewegung erkennet ſie die Farbe des ſtralenden Puncts, und aus der Richtung, nach welcher der Stral auffſtößt, und dieſe Bewegung verurſachet, ſchließt ſie auf den Ort des ſtralenden Puncts. Weil alſo (Tab. II. Fig. XIV.) der aus A ausgefahrene Stral nach der Richtung C a auffſtößt, ſo ſieht die Seele den Punct A eben in dieſer Richtung a C nämlich in A. Aus gleicher Urſache ſiehet ſie den Punct B in B, und folglich den ganzen Gegenſtand A B in ſeiner wahren Stellung. Alſo ſage ich, pflegt man gemeiniglich die oben geſetzte Frage zu beantworten. Vielleicht wäre aber die Antwort auf dieſe Frage gegründeter, wenn man ſagte, wir ſehen deßwegen die Sachen aufrecht, weil uns die Erfahrung von der erſten Kindheit an gelehret hat, jenes, von dem die Stralen unten auf das Netzlein fallen, liege in der That oben, und im Gegentheile jenes unten, von dem die Stralen oben auf das Netzlein ſtoſſen. Denn wenn wir eine Sache ſehen, ſo ſcheinet es, wir thun nichts anders als dieſes; wir erinnern uns vormaliger Empfindungen durch

das

das Gesicht und durch andere Sinne, die wir mit einander verglichen haben: und urtheilen augenblicklich, die Sache, die wir jetz sehen, würde, wenn wir den Versuch anstellten, andere Sinne auf die Art rühren, wie sie es vormals gethan hatten. Nun haben wir in der ersten Kindheit durch das Gefühl erfahren, daß, was in das Netzlein unten gewürket hat, in der That oben gestanden sey: wir erwarten also augenblicklich das nämliche, so oft uns eine Sache in die Augen fällt. Ich sage augenblicklich. Es wird sich auch hierüber niemand verwundern, der erwäget, wie schnell die Wörter, derer Bedeutung wir anfangs kaum behalten konnten, in unserm Gemüthe die Begriffe von den Sachen erwecken, zu derer Bedeutung sie bestimmet sind. So groß ist nämlich die Macht der Gewohnheit Begriffe mit einander zu vereinigen. Wenn nun deme also ist, so erhellet, daß die verkehrten Bilder auf dem Netzlein eben so gut dienen, wahre Begriffe von den Sachen zu erregen, als wenn sie aufrecht wären. Nur das wird erfodert, daß das Bild und die Sache allemal ihre Stellung nach einem gewißen beständigen Gesetze einrichten. Man stelle sich z. B. einen Menschen für, in dessen Augen sich die Sachen aufgerichtet abmalen. (Es wäre dieses durch eine Veränderung in der Einrichtung des Auges leicht möglich zu erhalten) Sollte nun ein solcher Mensch vermittelst dieser aufgerichteten Bilder nicht eben so richtig sehen lernen können, als wir durch verkehrte? Ich meines Theils zweifle kaum daran, er würde von der Stellung der Sachen so gut urtheilen, als wir wirklich thun.

177. Die Achse des Auges ist eine durch den Mittelpunct des Augapfels und des crystallenen Safts gezogene gerade Linie, welche also auch mitten auf das Netzhäutlein fällt. Die Achsen beyder Augen bis zum Gegenstande ver-

längert heißen die Geſichtsachſen. (axes optici) Die beyden mittleren Puncte der beyden Netzlein, wie auch jede zween von ihnen gleichweit und zur nämlichen Seite abſtehende Puncte, werden übereinſtimmende Puncte genennet (puncta correſpondentia) Nun lehret uns die Erfahrung, daß eine Sache einfach erſcheinet, wenn ihre zwey Bilder in beyden Augen auf übereinſtimmende Puncte der Netzlein fallen, und doppelt, wenn ſolches nicht geſchieht. Denn wenn wir eine Sache deutlich ſehen wollen, ſo ſiud wir gewohnt die Geſichtsachſen auf den Mittelpunct derſelben zu richten: da dann die Abbildungen dieſer Mittelpuncte der Sache auf die Mittelpuncte der Netzlein fallen, nnd weil beyde Gemälde der Sache verkehrt und in beyden Augen gleich groß ſind, ſo muß ſich ein jeder Theil der Sache auf zween übereinſtimmenden Puncten der beyden Augen entwerfen. Nun lehret uns die Erfahrung, daß wir in dieſem Falle jederzeit mit beyden Augen die Sache nur einfach ſehen. Werden aber durch Schielen, oder Niederdrucken des einen Auges mit dem Finger die Geſichtsachſen nach verſchiedenen Puncten der Sache, die wir anſehen, gerichtet, ſo fallen die Bilder jeder Theile der Sache, die wir betrachten, nicht auf übereinſtimmende Puncte des Netzleins, und in dieſem Falle ſehen wir die Sachen doppelt, wie ein jeder leicht ſelbſt erfahren kann. Die Gewohnheit beyde Geſichtsachſen nach einem nämlichen Puncte zu richten iſt ſo ſtark, daß es uns ſehr ſchwer fällt, ſolches nicht zu thun: und wenn ein Auge offen, das andere geſchloſſen iſt, kann man, wenn man den Finger auf das geſchloſſene Auge legt, fühlen, daß dieſes allemal den Bewegungen des offenen folget.

Wenn man alſo fragen ſollte, warum eine doppelte Empfindung in beyden Augen nicht jederzeit ein doppeltes

Sehen verursache, so antworte ich: weil wir durch die Erfahrung gelernet haben, daß jene Sachen nur einzeln seyen, derer Bild in beyden Augen auf übereinstimmende Puncte trift: und weil wir im gemeinen Sehen die Augen jederzeit so einrichten, daß die Bilder der Sache, die wir betrachten, auf übereinstimmende Puncte fallen. Herr Cheselden erzehlet, es sey jemanden durch einen Schlag auf das Haubt das Auge verruckt worden, worauf ihm alle Dinge doppelt geschienen, nach und nach aber habe er die gemeinsten Sachen, und endlich alle nur einfach gesehen, obwohl die Verrückung immer geblieben. Dieses ist ein starker Beweis, daß das Urtheil von der Vielheit der Sachen nur aus der Erfahrung herfließe, so daß ein Thier auch mit hundert Augen bey dem gewöhnlichen Gebrauche derselben die Sache nur einmal sehen würde, ob sie ihm gleich bey außerordentlichen Fällen hundertfach vorkommen könnten. Jener blind Gebohrne, von welchem oben Erwehnung geschehen ist, dem der Herr Cheselden das Gesicht im vierzehenten Jahre seines Alters verschaffet hat, bekräftiget eben dieses. Einige Zeit hernach, nachdem er mit einem Auge sehen gelernet hatte, ward ihm der Stahr auch auf dem andern Auge gestochen. Er sah nun alles doppelt: nach Verlauf einiger Zeit aber kam ihm alles einfach vor. Er mußte nämlich durch die Uebung und Erfahrung jenes Gesetz erlernen, daß jene Sachen, derer Bilder in beyden Augen auf übereinstimmende Puncte fallen, nur einfach seyn.

178. Die Größe eines Objects beurtheilen wir aus der Größe des Bildes, welches im Auge entworfen wird, oder was eines ist, aus der Größe des Winkels, unter welchem es gesehen wird; denn dieser ist allezeit der Größe des Bildes proportional. (§. 171) Dieses Grundes die Größe des Gegenstandes zu beurtheilen bedienen wir uns, wenn

wir die Entfernung des Objects nicht erkennen; als da wir die Sachen durch ein Fernrohr oder durch ein Mikroscop betrachten. Denn weil uns in diesen Fällen alles, was zwischen uns und dem Objecte liegt, verdecket wird, so können wir von der Entfernung dieser Objecte nicht urtheilen, und deßwegen haben wir keinen andern Grund ihre Größe zu beurtheilen, als die Größe ihres Bildes im Auge, oder die Größe des Winkels, unter dem sie erscheinen. Aber wenn wir die Entfernung der Objecte schätzen können, so richten wir das Urtheil von ihrer Größe keineswegs nach der Größe dieser Bilder oder Winkel ein. Denn wenn wir einen zwölf Schritte entfernten Menschen ansehen, so ist sein Bild im Auge, wie auch der Winkel, unter dem er erscheinet, bey nahe viermal kleiner, als er in der Entfernung von 3 Schritten seyn würde. Wem aber kömmt ein solcher Mensch viermal kleiner vor? Wir schätzen nämlich in diesen Fällen die Entfernung der Gegenstände wenigst bey nahe, und urtheilen alsogleich, die Kleinheit des Bildes müße nicht so fast der Kleinheit des Objects als der größern Entfernung zu geschriben werden, sonderbar weil uns durch wiederhollte Erfahrung bekannt ist, daß wir solche von ferne gesehene Objecte, wenn wir zu ihnen hingegangen, nicht ihren im Auge entworfenen Bildern proportional, sonder weit größer befunden haben. Unterdessen weil wir die Entfernung der Objecte insgemein so genau nicht zu schätzen wissen, so können wir von der Größe solcher von ferne gesehenen Objecte ebenfalls kein gar richtiges Urtheil fällen. Und dieses ist der Grund sehr vieler Betrügen, denen wir im Sehen unterworfen sind. Ich will einige derselben anführen.

179. Parallellinien, zwischen denen man steht, und die man schief ansieht, scheinen gegen einander zu laufen. Denn

ihre

ihre perpendiculäre Entfernungen, die in der That immer die nämlichen sind, werden im Auge immer durch ein kleineres Bild entworfen, je weiter sie vom Auge kommen: (§. 168.) weil man überdas die Entfernung so genau nicht beurtheilen kann, so scheinen sie uns wirklich abzunehmen, und folglich die Parallellinien sich einander zu näheren. Aus diesem Grunde scheinet ein langer Gang oder eine horizontale Ebene sich nach und nach zu erheben, eine Decke aber eines langen Saales sich gemächlich zu senken: auch die Fläche der See scheinet aufwärts zu steigen. Denn in allen diesen Fällen stellen wir uns eine aus dem Auge horizontal gezogene Linie für; mit dieser vergleichen wir die besagten Gegenstände: und weil alle sich immer mehr derselben zu nähern scheinen, so muß die Horizontalebene und die See zu steigen, die Decke des Saales zu sinken uns fürkommen. Wenn wir einen hohen Thurn unten am Fuße desselben betrachten, so scheint er uns fürwärts zu hangen, als wenn er auf uns fallen wollte; denn wir vergleichen, so zu sagen, die Höhe des Thurns mit einer Verticallinie, die wir uns aus unserem Auge in die Höhe gezogen fürstellen. Nun diese Linie, und die in Wahrheit verticale Höhe des Thurnes sind in der That parallel, aber sie scheinen sich in der Ferne einander zu nähern, das ist, der Thurn scheinet vorwärts zu hangen.

Dem Auge schief ausgesetzte Sachen erscheinen immer größer, je mehr das Aug über selbe erhebt, oder die Schiefe der Lage verminderet wird. (§. 169) befinden wir uns also in einer mäßigen Entfernung von einer sanften Anhöhe z. E. eines Theaters oder sanft sich erhebenden Berges, so werden uns die so sanft steigenden Flächen weit länger fürkommen als sie wirklich sind. Denn weil wir ihr sanftes Steigen nicht gewahr werden, so urtheilen wir von ihnen

als von horizontalen Flächen: und weil horizontale Flächen erſt in einer ziemlich großen Entfernung ſo hoh zu ſteigen ſcheinen, als uns dieſes Theater zu ſteigen fürkömmt, ſo halten wir dieſes wirklich für länger oder tiefer. Ueber das ſo kömmt uns jeder nach der Länge geſtreckte Theil, etwan jedes Brett, weit größer für, als es uns fürkommen würde, wenn es horizontal läge, weil es uns jetz minder ſchief ausgeſetzet iſt: welches in uns denn wieder eine größere ſcheinbare Tiefe veranlaſſet. Sonderbar geſchiehet dieſes, wenn die ſeitwärts ſtehenden Scenen ſich genau alſo einander nähern, wie ſich in zwoen parallelen Reihen auf einer Horizontalfläche ſtehende Objecte in einer weiten Entfernung zu nähern ſcheinen würden.

Thiere und andere Sachen, die wir von hohen Bergen oder von Thürnen herab in den Thälern, oder von Thälern aus auf hohen Bergen betrachten, kommen uns ſehr klein für. Denn weil wir nicht gewohnt ſind, ſo gerade herab oder hinauf zu ſehen, ſo können wir die Entfernung der Objecte in dieſer ungewöhnlichen Lage nicht ſo genau ſchätzen: Die Thürne oder Berge ſcheinen uns kleiner zu ſeyn als ſie wirklich ſind, und eben darum die Gegenſtände minder entfernet, als ſie ſind; weil ſie nun in dieſer nicht ſo groß ſcheinenden Entfernung dennoch unter ſehr kleinen Winkeln geſehen werden, ſo kommen ſie uns als ſehr klein für. Dächten wir daran, daß ſie ſo weit entfernet wären, würden ſie uns nicht ſo klein ausſehen.

Reiſenden kommen im Düſtern oder bey der Nacht nahe ſtehende Sachen als Bäume oder Häuſer ſehr groß für. Sie können nämlich die zwiſchen ihnen und den Objecten liegenden Sachen nicht klar genug ſehen, und deßwegen von ihrer Entfernung kein richtiges Urtheil fällen; ſie halten da-

her

her diese Gegenstände für weiter entfernet, als sie wirklich sind, und weil ihre Bilder, und die Winkel, unter denen sie gesehen werden, dennoch sehr groß sind, so halten sie diese Gegenstände für viel größer, als sie in der That sind.

Die Wolken am Himmel scheinen uns in Gestalt eines Gewölbs ober unsern Häubtern zu hangen, wenn sie schon alle beynahe ein gleiche Entfernung von der Erde haben. Denn die perpendiculäre Erhebung der Wolken über die Erde, scheinet uns immer kleiner zu werden, je weiter sich die Wolken von uns entfernen. Sie scheinen also alle zusammen ein krummes und gegen uns hohles Gewölb fürzustellen: in einer überaus großen Entfernung erscheinet diese perpendicular Höhe unter einem sehr kleinen Winkel: diese Erhöhung wird also ganz unmerkbar, die Wolken scheinen auf der Erde und auf dem Horizonte zu liegen.

Der Himmel erscheinet uns unter der Gestalt eines niedergedrückten Gewölbs, dessen horizontale Entfernung etwas mehr dann dreymal größer ist, als die senkrechte Höhe. Wer an der Wahrheit dessen zweifelt, kann es leicht selbst erfahren. Er betrachte bey einer heitern Nacht den Himmel, und bestimme durch die Schätzung, was für ein Stern ihm in der Mitte zwischen dem Horizonte und dem Zenith zu stehen scheinet. Alsdenn suche er auf einer Himmelskugel oder durch die Berechnung die wahre Höhe, die damals derselbe Stern hatte. Er wird finden, daß er in der That nicht mehr denn etwan drey oder vier und zwanzig Grade hoh ober dem Horizonte gestanden sey. Er hat also zween in der Wahrheit sehr ungleiche Sehnen (Tab.III.Fig.XVII.) A1 und 1Z für gleich angesehen, das ist, der Cirkelbogen A1Z ist ihm in der Gestalt ABC erschienen; denn in diesem niedergedrückten Bogen sind die Sehnen AB und

B C von gleicher Größe. Er kann eben dieſes noch auf eine andere Art erfahren. Er betrachte zween nahe bey einander und zugleich ziemlich hoh ſtehende Sterne etwan F und G, und ſchätze ihre Entfernung von einander: alsdenn ſuche er zween andere H und K, welche ihm eine gleiche Entfernung von einander zu haben ſcheinen. Er ſuche in Himmelskarten, oder durch die Berechnung die wahre Entfernungen dieſer Sterne. Er wird finden, daß die Sterne F und G in der That ſehr viel weiter von einander entfernet ſind, als die Sterne H und K. Er hat alſo die zwo ungleiche Sehnen F G und H K gleich geſchätzet, das iſt, er hat ſich den Bogen K H G F unter der Geſtalt des Bogens N M L D vorgeſtellet, in welchem die zwo Sehnen N M und L D einander gleich ſind.

Ich finde bey verſchiedenen Naturlehrern verſchiedene Urſachen dieſer Erſcheinung. Der berühmte Mathematicker Herr Delacaille giebt dieſe. Weit entfernte Gegenſtände entwerfen in unſerm Auge ein weit matteres Bild, und erſcheinen dunkler als die nahe, weil viele von ihnen ausgefahrene Lichtſtralen in dem Luft, in dem ſie ſich fortbewegen müßen, aufgehalten, und in das Auge zu gelangen verhindert werden. Wenn uns alſo das nämliche Object jetz lebhafter jetz matter vorkömmt, ſo urtheilen wir, es ſey im letzten Falle weiter entfernet als im erſten. Nun aber ſcheinen uns die Sonne, der Mond, die Sterne im Horizonte viel ſchwächer, als in einer großen Erhöhung über demſelben, weil ſehr viele Stralen durch den Dunſtkraiſe abgehalten werden. Sie kommen uns alſo im Horizonte entfernter, in der Höhe aber näher für: und weil wir uns die Geſtirne als an dem Gewölbe des Himmels angeheftet fürſtellen, ſo ſcheinet uns das Gewölb niedergedrückt zu ſeyn. Andere ſagen die Urſache dieſer Erſcheinung ſey dieſe. Wenn ein

Ge-

Gestirn am Horizonte steht, so sehen wir zwischen ihm und uns eine große Menge verschiedener Objecte, daher scheinet uns das Gestirn weit entfernet. Steht aber das Gestirn hoh am Himmel, so sehen wir nichts zwischen ihm und uns: Wir können daher seine ungemein große Entfernung nicht so gut erkennen, wir halten es für näher, als da es am Horizonte stund.

Eben aus diesem Grunde scheinen uns die Gestirne vom Horizonte an immer kleiner zu werden, je höher sie steigen, denn sie scheinen uns immer näher zu kommen, wie wir eben erkläret haben. Da nun ihr Bild im Auge, und der Winkel, unter dem sie erscheinen, dennoch nicht wächst, so scheinet uns das Object abzunehmen. Dieses scheinbare Abnehmen der Gestirne könnet ihr klar in der XVIII Figur Tab. III. sehen, denn obwohl die in dem Cirkel H P Z stehenden Monden einander gleich sind, so müßen sie uns doch immer kleiner zu werden scheinen, weil wir sie uns als an dem Gewölbe m p z hangend fürstellen.

180. Nun ist noch zu erklären übrig, wie wir die Entfernung der Gegenstände beurtheilen. Ich finde dreyerley Gründe diese Entfernung zu schätzen; die Größe oder Kleinheit der Winkel, unter denen sie gesehen werden, oder, was eines ist, ihrer Bilder im Auge: die Menge der Sachen, die zwischen ihnen und unserm Auge liegen: die lebhafte oder hingegen matte Farben, mit welchen sie gesehen werden. Aus dem ersten Grunde beurtheilen wie die Entfernung jener Sachen, die wir ganz allein sehen, und derer Größe uns schon bekannt ist, als etwan einen Vogel im heitern Luft: oder die wir durch ein Fernrohr betrachten. Des andern bedienen wir uns die Entfernung der auf der Erde mit freyem Auge gesehenen Objecte zu schätzen. Je mehrere und

größe-

größere Sachen wir zwischen ihnen und unserm Auge wahrnehmen, Desto entfernter kommen sie uns für. Eben in diesem Falle nehmen wir auch die mehr oder minder lebhafte Gestalt zu Hilfe. Denn obwohl für sich selbst das im Auge entworfene Bild gleich lebhaft seyn müßte, es möchte die Sache mehr oder weniger entfernet seyn (§. 173) so geschieht doch dieses in der That nicht, weil viele Stralen durch den Luft, und die darinn schwebenden undurchsichtigen Theilchen aufgehalten werden, daß sie nicht in das Auge kommen. Wir haben also von der Erfahrung, daß weit entlegene Sachen uns minder lebhaft als nahe liegende fürkommen. Wenn wir also eine Sache sehr matt und Dunkel sehen, so schließen wir auf eine größere Entfernung derselben. Es ist zwar wahr, daß bey der Abenddämmerung die Umstehenden Häuser und Gebäude uns nicht entfernter fürkommen als beym hellsten Tage, obwohl sie mit viel mattern Farben erscheinen. Allein dieses rühret daher, weil uns die wahre Entfernung dieser Sachen durch die manigfaltige Erfahrung schon gar zu bekannt ist, wir erkennen also leicht, die mindere Lebhaftigkeit komme nicht von ihrer größern Entfernung, sondern von der Schwäche des auf sie fallenden nnd von ihnen zurückgeworfenen Lichtes her. In der That, wenn uns bey annahender Nacht andere Dinge zu Gesichte kommen, derer Entfernung uns nicht schon aus der Erfahrung bekannt ist, etwann auf einem offenen Felde ein gegen uns kommender Mensch, oder ein Baum, so halten wir sie wirklich weiter entfernet, als sie in in der That sind.

Fünf=

Fünfter Abschnitt.

Wo, oder in was für einem Theile des Auges eigentlich die Empfindung des Sehens herfür gebracht werde.

181. Es ist eine berühmte Frage unter den Naturkündigern, ob die Empfindung des Sehens in dem Netzlein, oder in der darunter liegenden Chorois oder schwarzen Haute geschehe. Mariotte mit vielen andern behaubtet das letzte. Er führet zum Beweisthum zween Grundsätze an. Erstens: Es scheinet gewiß zu seyn, das überaus vieles Licht von dem Netzlein durchgelassen werde, und auf die Chorois falle. Diesen Satz beweiset er durch verschiedene Beobachtungen. Nehmet, sagt er, ein Auge von einem kurz vorher geschlachteten Ochsen: schneidet es hinter dem crystallenen Saft entzwey, daß also das Netzlein vom glasartigen Saft noch ziemlich bedecket bleibe. Ihr werdet nichts destoweniger durch diesen Saft und durch das Netzlein die darhinterliegende Chorois so nett und klar sehen, als wenn kein Netzlein vorstünde. Das Netzlein stellet also die einfallenden Stralen nicht, es läßt sie durchfahren und auf die Chorois fallen. Ferner haltet in einem finsteren Zimmer ein Licht vor euer Angesicht, machet zu gleich, daß ein acht bis zehen Schuhe entferneter Hund euch ansehe. Ihr werdet in den Augen des Hunds ein ziemlich helles Licht erblicken. Woher soll nun dieses Licht kommen? Nirgend anderswo als von der bey den Hunden weißen Chorois, welche es zurückwirft; denn kämme es von dem Netzlein, so müßte man eben dieses in den Augen anderer Thiere erblicken, welche zwar gleichfalls ein weißes Netzlein, aber eine Schwarze Chorois haben. Nun aber ist dieses der Erfah-

fahrung zu wieder. Ueber das ſiehet man in dem Auge der Katzen ein blaulichtes Licht: ihre Chorois iſt aber im Grunde des Auges ebenfalls blau, aus welchem dann zu erhellen ſcheinet, daß dieſes Licht von der Chorois zurück geworfen werde. Die Menſchen, Vögel und alle iene Thiere, derer Chorois ſchwarz iſt, ſehen insgemein deutlicher als andere, die eine weiſe Chorois haben. Woher nun dieſer Unterſchied! Es ſcheinet daher: das Licht wird von ſchwarzen Körpern, ſo zu ſagen, verſchlungen und eingeſogen, von weißen aber zurückgeworfen. Es wirckt alſo häftiger in iene als in dieſe. Damit dieſe häftige Wirkung des Lichtes auf die ſchwarze Chorois gemäſſiget werde ziehen dergleichen Thiere ihren Augapfel ziemlich zu ſammen wodurch dann geſchieht, daß nur weinige der Achſe ſehr nahe liegende Stralen in das Auge kommen, welche aber alle in einem Puncte vereiniget werden, welches zum deutlichen Sehen erfodert wird. Die Wirkung des Lichts auf eine weiße Chorois iſt nicht ſo häftig. Die Thiere, die mit einer ſolchen verſehen ſind, haben deßwegen gemeiniglich einen großen Augapfel, ſie ziehen auch ſelben nicht zuſammen, weil die Menge des Lichtes wegen ſeiner ſchwachen Wirkung ihnen nicht beſchwerlich fällt. Es fallen alſo von einem iedem Puncte des Obiects viele Stralen in das Auge, und unter dieſen auch viele von der Achſe ſchon ziemlich entfernte. Sie werden hiemit nicht alle in einen Punct verſammelt, welches dann das deutliche Sehen nothwendig verhindert. Aus dieſem ſcheinet zu erhellen, daß ſehr viele Lichtſtralen durch das Netzlein durchfahren, und auf die Chorois fallen. Wozu aber ſo viele Stralen, wenn das Sehen ſchon in dem Netzlein vorbey geht? ſollen ſie gänzlich unnütz ſeyn? ſollen ſie zum Sehen gar nichts beytragen?

182. Der zweyte Grund des Herrn Mariotte ist dieser. Jenes Obiect, dessen Bild in dem Auge auf den Sehenerven fällt, verschwindet, und ist gänzlich unsichtbar. Dieses beweiset er also. Ich hatte, sagt er, zum öftern durch die Anatomie der Menschen und Thiere beobachtet, daß der Sehenerven niemal mitten im Grunde des Auges stehet, wo die Gegenstände, die man deutlich sieht, pflegen abgemahlet zu werden, sondern im Menschen etwas höher und zur Seite gegen die Nase. Ich wollte dann die von einem Obiecte zurück geworfenen Stralen auf diesen Sehenerven fallen machen, um zu erfahren, was sich hierbey ereignen würde. Ich häftete in dieser Absicht auf einem schwarzen Grund eine weiße Cirkelfläche von Papier, auf welche ich mein Auge unverrückt häften konnte. Zur Rechten desselben, etwann zween Schuhe davon häftete ich ein anderes gleichfalls cirkelförmiges weißes Papier, aber etwas tiefer als das erste, damit die von dem selben zurückgeworfenen Stralen, wenn ich das linke Aug geschlossen, und das rechte auf das erste Papier steif gehäftet hielte, auf den Sehenerven eben dieses rechten Auges fallen könnten. Ich stellte mich dem ersten Papier gerade gegen über, und gieng gemächlich zurück, indem ich immer das rechte Aug auf dasselbe Papier häftete. Als ich in die Entfernung von etwann 9 Schuhen kamm, verschwand mir das zweyte Papier, welches schier vier Zoll groß war, auf einmal. Ich konnte dieses gählinge Verschwinden der schiefen Lage des Gegenstandes nicht zuschreiben, indem ich andere Dinge, die noch mehr seitwärts stunden, annoch ziemlich deutlich sah. Ich hab alsdenn eben dieses in andern Entfernungen wiederhollet, nachdem ich die papierenen Cirkel entweders näher oder weiter von einander gestellet hatte. Ich versuchte es auch

mit dem linken Auge, nachdem ich das andere Papier zur Linken desselben gestellet hatte, auf welches ich das linke Aug häftete: daß ich also nicht mehr zweifeln konnte, dieses gähelinge Verschwinden des zweyten Papiers komme nirgends anderst her, als weil sein Bild auf den Sehenerven fällt. Wenn nun das Sehen in dem Netz geschieht, warum verschwinden die Gegenstände, derer Bilder auf den Sehenerven fallen? Gewiß das Netz ist gleichwie im übrigen Grunde des Auges, also auch hier anzutreffen, denn es überzieht den Sehenerven. Aber die Chorois geht hier ab. Man hat also eine klare Ursache dieses gähen Verschwindens, wenn man sagt, die Empfindung des Sehens geschehe in dieser Haut.

183. Dieser Beweise ungeachtet, stehen doch noch sehr viele für das Netzlein. Alle übrige Empfindungen, sagen sie, geschehen in den Nerven: es wird also wohl auch das Sehen in den Nerven geschehen. Das Netz ist aus unzahlbaren kleinen Nerven gleichsam zusammen gewoben. Keine dergleichen, oder doch sehr wenige findet man in der Chorois. Das Netz ist also das Instrument zum Sehen, die Chorois ist hierzu untauglich.

Der Herr Delahire hält dafür, jene treffen es am besten, welche sagen, das Sehen geschehe zwar eigentlich in dem Netz, aber nicht ohne Zuthun und Beyhilfe der Chorois. Er will, das Sehen geschehe in den unzahlbaren kleinen Nerven des Netzleins, aber die Chorois müße denselben den Eintruck des Lichtes größten Theils mittheilen: zu welchem sie dann sehr geschickt sey, weil sie am Netze anliegt, und von schwarzer Farbe ist, in welche das Licht heftig wirket. Er behaubtet, eben dieses geschehe auch bey andern Sinnen: z. E. die Spirallamina im Ohre sey ih-

rer

rer Beschaffenheit nach sehr geschickt verschiedenes Zittern von der anbrellenden Luft an sich zu nehmen: sie müße aber diese Bewegung alsdenn dem Gehörnerven mittheilen, in welchem eigentlich die Empfindung des Hörens vorgehe.

II. Practischer Theil.

Erstes Capitel.

Von den Mikroscopen.

184. Das Auge des Menschen ist gemeiniglich also eingerichtet, daß es keine Sache deutlich sehen kann, welche nicht 8 oder wenigstens 6 Zolle weit von ihm entfernet ist: dieses lehret die Erfahrung. Nun sind unzahlbare Sachen von einer solchen Kleinheit, daß sie in der Entfernung von 6 Zollen noch unter einem kleineren Winkel als von einer halben Minute in das Auge fallen. Alle diese Sachen sind also mit freyem Auge nicht deutlich sichtbar (§. 170). Alle die jenigen Instrumente, durch derer Hilfe wir diese kleinen dem bloßen Auge wegen ihrer Kleinheit unerkennlichen Sachen, deutlich sehen können, werden Mi-

kros-

Froscope genennet. Es giebt zwo Gattungen, nämlich das einfache, und das zusammen gesetzte Mikroscop. In diesem Abschnitte will ich nur von dem einfachen reden.

185. Vor ich aber zur Sache gehe, muß ich eine Erinnerung voranschicken. Die Erfahrung lehret uns, wie ich eben erinneret habe, daß ein gutes Auge in der Entfernung von 8, 9 bis 10 Zollen am deutlichsten sieht. Nun wird ein jeder Punct des Gegenstandes dem Auge sichtbar durch die Lichtstralen, welche von demselben Puncte ausfließen, und durch die Oeffnung des Augapfels in das Innere des Auges gelangen. Diese Oeffnung des Augapfels ist bey dem Menschen gemeiniglich im Durchwesser nicht viel größer als eine Linie. Es ist also offenbar, daß die äußersten Stralen, welche von was immer für einem Puncte des Objects in das Auge kommen, einen ziemlich kleinen Winkel einschließen. Wenn ihr in der XIX Figur Tab. III. in dem Triangel A B C, die Seiten A C und B C gleich 10 Zollen oder 420 Linien annehmet, die Seite A B aber = 1 Linie, und den Winkel A C B berechnet, so findet ihr ihn nicht gar 24 Minuten groß. Weil nun diese äußersten von einem Puncte in das Auge kommenden Stralen einen so kleinen Winkel einschließen, so wird dieser Winkel gar verachtet, und die Opticker nehmen diesen Satz an; damit man deutlich sehe, so müßen die von einem Puncte des Objects in das Aug fahrende Stralen einen sehr kleinen Winkel einschließen, oder was eines ist, sie müßen untereinander bey nahe parallel (man pflegt glatt weg zu sagen parallel) einfallen. Diesen Grundsatz müßet ihr euch wohl merken: denn er wird in dem ganzen folgenden practischen Theil immer vorkommen.

Erster Abschnitt.
Von dem einfachen Mikroscope.

186. Ein einfaches Mikroscop besteht aus einem einzigen Glase (man nennet es eine Linse, wegen seiner Gestalt) welches entweder auf beyden Seiten convex, oder auf der einen convex, auf der andern plan ist.

Es sey (Fig. XX. Tab III.) CD eine dergleichen Linse, O derselben Focus, A B ein also gestelltes Object, daß desselben mittlerer Punct O im Focus stehe. Die vom Puncte O auf die Linse fallenden Stralen werden nach der Brechung unter einander parallel werden, (§. 99) und also tauglich seyn, ein deutliches Bild von O in einem guten Auge zu entwerfen. (§. 185) Wenn das Object A B sehr klein ist, so werden die Puncte A und B sehr nahe die nämliche Entfernung von der Linse haben, als der Punct O: sie werden hiemit ebenfalls im Focus der Linse liegen. Die von einem jeden derselben ausfahrenden Stralen werden durch die Brechung abermal unter einander parallel und also geschickt werden ein deutliches Bild von A und von B im Auge zu entwerfen. Es wird folglich das ganze Object deutlich mögen gesehen werden.

Allein die vom Puncte A kommenden Stralen werden nach der Brechung die aus O geflossenen Stralen unter einem um so viel größern Winkel schneiden, je kleiner der Focus O F ist; denn wenn A F E die Achse der aus A auf die Linse fallenden Stralen fürstellt, so wird diese ungebrochen durchfahren, und in ihrer vorigen Richtung bleiben. (§. 18) Weil dann alle übrige aus A kommmende Stralen mit dieser ihrer Achse durch die Brechung parallel werden, so werden sie die Achse O F H unter einem Winkel C H F

schnei-

schneiden, der dem Winkel A F O gleich ist. Nun aber ist für sich selbst klar, daß dieser Winkel um so viel größer seyn müße, je kleiner der Focus O F ist.

Wenn also ein gutes Auge in H steht, so wird es die Hälfte A O des Objects unter dem Winkel C H F = A F O, und das ganze Object unter dem Winkel C H D = A F B sehen. Wenn eben dieses Auge in F stünde, so würde es das Object A B ebenfalls unter dem Winkel A F B sehen. Man sieht also durch Hilfe einer Linse ein Object unter eben jenem Winkel, unter welchem man es sehen würde, wenn das bloße Auge an dem Orte der Linse stehen sollte.

Wenn dem also ist, saget ihr, so scheinet es, eine solche Linse vergrößere das Object nicht. Wie verdient sie dann den Namen eines Mikroscops? Ich antworte: wenn O F kleiner als 6 Zolle ist, so könnte ich in einer so kleinen Entfernung, wie O F ist, das Object mit bloßen Augen nicht deutlich sehen, und weil der Sehewinkel abnimmt, wie die Entfernung des Objects zunimmt, (§. 171) so müßte ich das Object, wenn ich es anderst deutlich sehen wollte, immer unter einem kleinern Winkel sehen. Die Linse machet also, daß ich das Object in einer kleinern Entfernung, und folglich unter einem größern Winkel und eben darum in einer größern Gestalt deutlich sehe, als es mit freyem Auge geschehen könnte. Sie wird also mit Recht ein Vergrößerungsglas oder Mikroscop genennt.

187. Nun ist nichts leichters als den Grad der Vergrößerung, die durch was immer für eine Linse erhalten wird, zu bestimmen. Das Object erscheinet um so viel größer durch die Linse, als es dem bloßen Auge erscheinen würde, so vielmal eine Länge von 6 Zollen, die Länge des Focus der Linse in sich enthält. Denn durch Hilf der Lin-

se sehe ich das Object so groß, als ich es mit freyem Auge in der Entfernung der Focallänge sehen würde. Ohne diese müßte ich das Object wenigstens 6 Zolle weit von dem Auge halten, wenn ich es deutlich zu sehen verlangte. Nun verhalten sich die Sehewinkel, und folglich die scheinbaren Größen der objecte umgekehrt wie ihre Entfernungen vom Auge. (§. 171) Es verhält sich also die Größe, unter welcher das Object im Mikroscop erscheinet, zur Größe desselben mit freyem Auge wie die Länge von 6 Zollen, zur Länge des Focus der Linse. Es giebt sich also die Vergrößerungskraft einfacher Mikroscope zu finden diese ganz leichte Regel: man dividiere eine Länge von 6 Zollen oder 72 Linien durch die Länge des Focus der Linse (samt der halben Dicke der Linse, wenn man recht genau verfahren will) der Quotient giebt die Vergrößerungskraft.

Ihr habet z. E. ein Linse, deren Focallänge zwo Linien beträgt; wie viel wird sie ein Object vergrößern? Antwort: 36mal. Denn die scheinbare Größe durch die Linse verhält sich zur Größe mit freyem Auge wie 6 Zolle oder 72 Linien zu 2 Linien: dividieret ihr nun 72 durch 2 so ist der Quotient 36. Und so vielmal wird das Object vergrößert nach was immer für einer Dimension, das ist, seiner Länge und seiner Breite nach. Wolltet ihr aber die Vergrößerung der ganzen Oberfläche wissen, so müßtet ihr 36 zum Quadrate erheben. Die Oberfläche würde also vergrößeret 36×36 oder 1296mal. Die Vergrößerung dem cörperlichen Inhalt nach zu erfahren, müßtet ihr 36 zum Cubus erheben: Ihr bekommet in eurem Exempel 46656mal. Hättet ihr eine Linse, deren Focus nur eine Linie gruß wäre, so würdet ihr für die Vergrößerung nach einer Dimension finden 72, für die Vergrößerung der Oberflä-

che

che 72×72 oder 5184, für die Vergrößerung des körperlichen Inhalts $72 \times 72 \times 72$ oder 373248.

188. Wenn euch also die Form einer Linse bekannt ist, das ist, wenn ihr wisset, von was für einem Radius beyde Krümmungen sind, so könnet ihr alsogleich berechnen, um wie viel sie die Objecte vergrößern wird; denn aus den bekannten Krämmungen könnet ihr die Größe des Focus (§. 85) und aus diesem die Vergrößerung finden (§. 187). Dieses allein merket, daß ihr in der Berechnung des Focus die Dicke der Linse nicht vernachläßigen dörfet, weil diese in Ansehung eines so kleinen Focus gemeiniglich schon ziemlich beträchtlich ist. Ihr müßet euch also für beyderseits convexe Linsen der Formel §. 85, oder wenn die Convexität auf beyden Seiten gleich ist der Formel §. 95 oder endlich, wenn die Linse auf einer Seite eben ist, der Formel §. 102 oder 105 bedienen.

Anmerkung. Ich habe in dieser Auflösung für die Entfernung, in welcher ein gutes Auge deutlich siehet, nur 6 Zolle angenommen, welches ich auch in den folgenden Berechnungen beybehalten werde. Unterdessen pflegen die mehresten optischen Schriftsteller eben diese Entfernung 8 Zolle groß anzunehmen. Weil aber die Erfahrung lehret, daß ein gutes Auge in der Entfernung von 6 Zollen noch ziemlich deutlich siehet, so wollte ich lieber diese Entfernung annehmen, damit die berechnete Vergrößerungskraft eines Mikroscops gewiß niemal zu groß gefunden würde.

189. Aus diesem allem erhellet, daß man durch Hilfe eines einfachen Mikroscops die Objecte nach Belieben vergrößern kann, wenn man nur Linsen von sehr kleinen Radiis gebrauchet. Man hätte also nicht Ursache gehabt auf andere Arten der Mikroscope zu gedenken, wenn diese Gat-

tung nicht einigen andern Mängeln unterworfen wäre. Sie sind diese zween. Erstens, wenn die Linse einen gar kleinen Focus hat, und also sehr viel vergrößert, so kann man nur einen sehr kleinen Theil eines Objects auf einmal übersehen: Zweytens können in eben diesem Falle die Objecte, sonderbar wenn sie nicht durchsichtig sind, nicht genugsam erleuchtet werden. Dieses zu erweisen muß ich zween Grundsätze voranschicken.

190. Wenn ein Object A B (Fig. XXI) in dem Focus C der Linse D E, das Auge aber eben in der Entfernung der Focallänge in F steht, so kann selbes auf einmal nur einen solchen Theil des Objects übersehen, welcher dem Durchmesser D E der Linse gleich ist.

Beweis. Aus allen Stralen, welche vom Puncte B ausfahren, wird einer B E mit der vom mittlern Puncte C ausfahrenden Achse C G parallel seyn: und wenn B A = E D, so wird dieser Stral B E zu äußerst auf die Linse fallen. Und eben dieser Stral wird durch die Brechung also gegen die Achse C G F gebogen werden, daß er sie eben im Focus F durchschneidet: und also in das in F stehende Auge kömmt; denn parallel einfallende Stralen vereinigen sich in der Entfernung der Focallänge. Der von einem weiter seitwärts stehenden Puncte etwan von H ausfahrende, und zu äußerst auf das Glas fallende Stral H E wird mit der Achse C G schon convergierend seyn. Er wird folglich mit derselben schon vor dem Puncte F sich vereinigen, und hiemit nicht in das in F stehende Auge kommen. Die von H tiefer in die Linse fallenden Stralen werden noch stärker gegen die Achse C G convergieren, und hiemit sich noch bälder mit selber vereinigen, und eben darum noch viel weniger in das in F stehende Auge kommen können. Das Auge in F kann also den Punct H nicht sehen.

191.

191. **Anmerkung.** Wenn die Linse ringsherum etwas zugedecket, und nur in der Mitte eine kleine Oeffnung gelassen wird (welches dann um deutlich zu sehen nothwendig geschehen muß, weil die von der Achse merklich abweichenden Stralen nicht mehr genau in einen Focus vereiniget werden) so kann das in der Entfernung der Focallänge stehende Auge auf einmal nur einen solchen Theil übersehen, wecher dieser Oeffnung gleich ist. Der Beweis ist leicht und mit dem vorigen vollkommen der nämliche.

192. Wenn das Auge näher zur Linse rückt, so kann es auf einmal einen größern Theil des Objects übersehen, als die Oeffnung der Linse beträgt. Denn die von mehr seitwärts stehenden Puncten, etwan von H ausfahrenden und auf den äußersten Punct E der Oeffnung fallenden Stralen sind mit der Achse C G convergierend, sie werden also mit derselben bälder als in der Entfernung der Focallänge, etwan in I vereiniget, und kommen also in das Auge, wenn selbes in l steht.

193. Jener Theil des Objects, den das Auge auf einmal übersehen kann, wird das Feld des Mikroscops genannt. Man kann also dieseses Feld zu bestimmen folgende zwo Regeln geben. **Das Feld ist immer um so viel kleiner je kleiner die Oeffnung der Linse ist.** Weil also die Oeffnung immer kleiner werden muß, je kleiner der Radius der Krümmungen der Linse, und folglich je kleiner der Focus ist, oder je mehr dieselbe vergrößert, so wird das Feld immer kleiner je mehr die Linse das Objeet vergrößeret. Zweytens **Das Feld wird immer größer, je näher das Auge zur Linse rückt.** Allein, wenn der Focus der Linse sehr klein, etwan von einer Linie ist, so kann man mit dem Auge nicht wohl näher zu derselben rücken, als

eben

eben dieſer Focus beträgt, weil die Faſſung der Linſe im Wege ſteht. Es wird alſo das Feld einer ſolchen Linſe nicht größer ſeyn als ihre Oeffnung, welche nothwendig ſehr klein iſt. Zu dem ſo ſtehen die etwas mehr ſeitwärts liegenden Puncte des Objects nicht mehr genau im Focus der Linſe, wenn anderſt der mittlere Punct deſſelben darinnſteht: und dieſe obwohl in ſich ſelbſt kleine Abweichung vom Focus, iſt bey einer Linſe von einem ſo kleinen Radius ſchon hinlänglich, daß die von dieſen Puncte auf die Linſe fallenden Stralen durch die Brechung bey weitem nicht mehr unter einander parallel, und alſo zum deutlichen ſehen nicht mehr tauglich werden. Wenn mann alſo bey einer ſo kleinen Linſe das Auge näher zur Linſe ſtellen ſollte, ſo würde man zwar um etwas mehr ſehen, als die Oeffnung der Linſe beträgt; aber dieſes Sehen der äußern Puncte würde nicht mehr deutlich ſeyn. Es bleibt alſo für ſehr kleine Linſen ein unvermeidlicher Fehler, ihr Feld muß ſehr klein ſeyn.

194. Der andere Fehler iſt nicht minder beträchtlich: die Objecte, ſonderbar wenn ſie undurchſichtig ſind, können nicht genug erleuchtet werden. Denn eine Linſe von ſo kleinem Focus muß ſehr nahe zum Object gerücket werden, wenn es durch dieſelbe deutlich erſcheinen ſoll. Das Object wird alſo von der Linſe und ihrer Faſſung alſo zu gedeckt, daß faſt kein Licht mehr auf die gegen die Linſe gekehrte Seite fallen kann. Iſt das Object durchſichtig, ſo kann es auf der andern Seite entweders durch gerad einfallendes, oder durch das von einem Spiegel zurückgeworfene Licht erleuchtet werden.

195. Aus dem, was bisher iſt geſagt worden, läßt ſich leicht abnehmen, wie man ſich im Gebrauche des einfachen Mikroſcops zu verhalten hat. Man mus das Object in den

Fo-

Focus der Linse stellen, wozu dann von nöthen ist, daß man ihm eine sehr sanfte Bewegung geben könne, durch welche es ganz langsam immer näher zur Linse gebracht, und von derselben zurücke geschoben werden kann. Man muß trachten, daß die gegen der Linse gekehrte Seite bey undurchsichtigen Objecten wohl erleuchtet werde. Man muß das Auge so nahe als es möglich zur Linse halten.

Alles dieses zu erhalten, sind unterschiedliche Einrichtungen eines einfachen Mikroscops erdacht worden. Ich will eine oder die andere, welche mir die bequemsten scheinen, kürzlich anführen.

196. Die XXII. Figur stellet uns ein einfaches Mikroscop dar, welches von seinem Erfinder das Wilsonische Mikroscop genennet wird. C C ist eine Schraube mit sehr feinen und engen Schraubengängen, welche bey A in das Rohr AA BB kann eingeschraubet werden. Bey EE sind drey meßingene Blätchen, die an der Schraube CC also anliegen, daß sie durch dieselbe im Rohr nach der Richtung EB mögen fortgeschraubet werden. Zwey von diesen Blättlein liegen flach auf einander, das dritte ist rund eingebogen, daß es ein kleines Glasröhrchen in seinen Krümmungen fassen mag: alle drey sind in der Mitte mit einem runden Loch durchbrochen. H ist eine Spiralfeder, welche auf einer Seite an die meßingene Blätchen, auf der audern an das Rohr B sich durch ihre Federkraft spreitzet. Bey D ist eine convexe Linse in das Schraubenrohr CC eingesetzt, derer Focus bey nahe bis zum meßingenen Blättchen E E reichet. l i ist eine Handhebe, welche dienet das ganze Mikroscop füglich zu halten. K stellet eine Linse samt ihrer Fassung von Meßing oder Horn für. man muß mehrere also gefaßte Linsen haben, derer Macht zu vergrößeren stapfelwei-

weise abnimmt. Jene, welche am stärksten vergrößert, wird mit 1, die in der Vergrößerungskraft ihr am nächsten kömmt, mit 2 bezeichnet, u. s. f. MM ist ein Schieber von Holz, in welchem drey bis vier runde Löcher d durchgebrochen sind. In diese werden zwey Scheibchen von Frauneis oder sehr dinnem Glase, und zwischen diese die kleinen Objecte, die man betrachten will, gelegt. Diese durchsichtigen Scheibchen werden durch einen kleinen Ring von Meßingdratt in den Schieber eingedrückt, daß sie nicht herausfallen. N ist eine Meßingene Kluppe, kleine Objecte damit zu fassen, und auf die Schieber zu bringen. O ist eine kleine Haarbürste den Staub von den Gläsern, oder auch einen Tropfen eines Saftes, den man beschauen will, auf dieselbe zu bringen. P ist ein kleines Glasröhrchen, um die Thierchen in fließigen Sachen oder auch die Circulation des Bluts in dem Schweife eines kleinen Fischleins zu beobachten. L ist ein Convexglas von etwan einem Zolle Focallänge, samt seiner Fassung. Man nennet es das Suchglas, weil man durch dessen Hilfe die zubetrachtenden Objecte zuvor untersuchen kann, ob sie etwas merkwürdiges an sich haben, und also verdienen unter das Mikroscop gebracht zu werden.

197. Wenn man nun ein Object durch dieses Mikroscop betrachten will, so bringt man selbes auf den oben beschriebenen Schieber M: stecket diesen zwischen die zwo flache Blätchen bey E E, zwischen welchen er fest halten wird, weil das obere durch die Spiralfeder auf den Schieber angedrückt wird. Man kehret das Rohr C C gegen das Licht, wodurch das zu betrachtende Object stark erleuchtet wird, weil das auf das ganze Convexglas D fallende Licht von selbem durch die Brechung versammelt und auf das kleine durchsichtige Object gebracht wird. Man schraubet bey G eine Linse ein, welche man für die Betrachtung desselben

Ob-

Objects die tauglichste zu seyn erachtet. Man schraubet die Schraube CC so lang auf oder ab, bis das Object dem bey G an die gefaßte Linse gelegten Auge deutlich erscheinet. Dieses ist noch zu erinnern, daß man ganze Objecte von einer merklichen Größe, etwan ein Saamenkörnlein zu betrachten eine Linse von einem nicht gar kleinen Focus, oder welche nicht gar zu viel vergrößert, nehmen muß; denn die Linsen von einem sehr kleinen Focus würden daß ganze Object nicht einlassen. Diese scharfe Linsen braucht man nur sehr kleine Objecte, oder die kleinsten Theile der Objecte insbesondere zu betrachten.

198. Diese Einrichtung ist hinlänglich durchsichtige Objecte zu besehen. Aber wenn dieselbe undurchsichtig sind, so könnte ihre gegen der Linse gekehrte Seite nicht genug Licht bekommen. Diesem Mangel abzuhelfen, hat man folgende Beysätze gemacht. Die Linse bey G wird abgeschraubet, ein Stück von Holz, welches bey R entworfen ist, auf das Rohr BB gelegt, und mit der Schraube S befestiget. In das andere runde Loch T wird nun die Linse eingeschraubet: durch die zwey meßingene Blätchen, deren eines rund, eingebogen ist, wird ein Stift V geschoben, und das zu betrachtende Object daran gesteckt. Durch die Schraube CC kann auch in dieser Richtung das Object in den Focus der Linse gebracht werden. Wenn nun die Linse, der man sich bedienet, einen nicht gar kleinen Focus hat, so wird die gegen der Linse gekehrte Seite des Objects schon ziemlich erleuchtet seyn. Verlangte man noch mehr Licht zu haben, so kann man sich einer Linse bedienen, welche mitten in ein aus Silber oder anderm Metalle verfertigtes Hohlspiegelein eingesetzt ist, das mit der Linse einerley Focus hat. Denn wenn dieser Spiegel gegen dem Licht gewendet wird, so wird alles auf ihn fallende Licht auf das

Ob-

Object zurück geworfen, und hiemit dieses wohl erleuchtet werden.

Will man solche Sachen betrachten, die nicht wohl können angesteckt werden, so schiebet man zwischen die zwo Blatten einen Stift W, oder X und leget das zubeschauende Object darauf: wobey dann für sich selbst klar ist, daß man die ganze Maschine also halten muß, daß das Rohr CAE eine gerad abwärts gehende Richtung bekomme; denn sonst würde das in W gelegte Object herabfallen. Will man nun dieses Object stark erleuchten, so kann dieses wieder durch eine in einem Spiegel gefaßte Linse geschehen, wenn unter dem Object ein anderer Spiegel steht; denn das auf diesen fallende Licht wird, wenn ihm eine geschickte Stellung gegeben wird, auf das kleine Spiegelein, in welchem die Linse gefasset ist, und von diesem auf das Objet zurückgeworfen.

199. Eine andere Einrichtung eines einfachen Mikroscops ist zu sehen bey der XXIII. Figur. Die verschiedenen Theile dieses Mikroscops und ihre Zusammenfügung lassen sich aus der Figur schon ziemlich begreifen. Ich will also nur noch etwas weniges davon melden. Dnrch die Seite A geht eine zarte Schraube, welche an dem andern Stücke bey C befestiget ist. Dieses zweyte Stück ist bey L in einem Scharnier beweglich: D ist eine Mutterschraube, welche die Schraube CB in sich nimmt, und wenn man solche drehet, so werden die Stücke C und A entweders enger zusammen, oder weiter von einander gebracht. E ist eine stählerne Feder, welche sich wieder beyde Stücke C und A spreitzet. F ist ein meßingenes Röhrchen, welches durch ein herfürragendes Stück in eine kleine Gabel eingesetzt und vermittels eines kleinen Schräufleins also darinn befestiget

ist,

ist, daß es frey auf und ab mag bewegt werden. In dieses Rohr wird ein meßingenes Stäblein eingeschoben, an dessen äußersten Spitze man das Object anspisset. Läßt sich das Object nicht anstecken, so bedienet man sich eines solchen Stäbchens, welches in der XXII Figur bey W entworfen ist, und legt das Object darauf. In die runde Oeffnung, bey l wird die Linse eingeschraubet. P ist eine beinerne Handhebe.

200. Will man ein Object durch dieses Mikroscop betrachten, so stellt man durch Bügung des Röhrchens F selbes beyläufig in den Focus. Was noch abgeht, wird durch die sehr sanfte Bewegung der Schraubenmutter D verrichtet. Verlangt man das Object sehr erleuchtet zu haben, so bedienet man sich einer in einem Spiegelein gefaßten Linse.

Zweyter Abschnitt.

Von dem doppelten oder zusammen gesetzten Mikroscope.

201. Ein Mikroscop, welches aus mehr als einer Linse besteht, wird ein doppeltes oder zusammen gesetztes Mikroscop genannt. Man macht einige mit zwey, einige mit dreyen, ja auch mit vier Gläsern. Wir wollen anfangs von dem ersten reden.

202. In der 24.ten Figur sey d e f eine convexe Linse von einem ziemlich kleinen Focus, O ihr Focus, a c b ein kleines, um etwas mehr, als die Focallänge beträgt, von der Linse entferntes Object. Weil der Punct c eine größere Entfernung von der Linse hat, als die Focallänge derselben beträgt, so werden die von ihm auf die Linse fallenden Stralen von ihr also gebrochen werden, daß sie sich

irgendwo hinter der Linse z. E. in C vereinigen. (§. 99.) Eben dieses wird sich ereignen mit den Stralen, die von a, die von b oder was immer für einem andern Puncte des Objects auf die Linse fallen. Es wird also bey A B C ein deutliches Bild des ganzen Objects entworfen werden. Nun sey D E F eine andere also gestellte Linse, daß der Punct C mit ihrem Focus zutreffe. Es werden hiemit auch die übrigen Puncte A, B u. s. f. wenigst bey nahe in dem Focus stehen, wenn anderst das Bild A B nicht gar zu groß, oder die Linse D F nicht gar zu klein ist. Die im Puncte C sich durchkreuzenden, und alsdenn wieder divergierend auf die Linse fallenden Stralen, werden also durch die Brechung von dieser zweyten Linse unter einander parallel werden. (§. 99.) Eben dieses wird auch andern, von was immer für einem Puncte des Bildes ausfahrenden Stralen wiederfahren. Wenn demnach ein Aug hinter dieser zweyten Linse steht, so wird es das Bild A C B, oder vielmehr das Object a c b, dessen Bild es ist, deutlich sehen. Es ist also das Amt der nahe bey dem Objecte stehenden Linse d f (sie wird eben dessentwegen das Objectivglas, oder die Objectivlinse genennet) ein Bild des Objects zu gestalten, und das Amt der andern Linse D F (man nennet sie das Ocularglas oder die Ocularlinse) ist, die von einem jeden Puncte dieses Bildes kommenden Stralen unter einander parallel, und also zum deutlichen Sehen tauglich zu machen. Und dieses ist in Kürze die Natur eines doppelten Mikroscopes. Lasset uns jetz einige Betrachtungen darüber machen.

203. Das hinter der Ocularlinse stehende Aug sieht das Object unter dem Winkel D H F, oder unter dem ihm gleichen B E A. Dieser Winkel B E A ist um so viel gröser als der Winkel B e A, so viel e C gröser ist als E C;

denn

denn die Winkel, unter welchen ein Object erscheinet, sind umgekehrt, wie die Entfernungen von demselben. Nun aber ist der Winkel B e A dem Winkel b e a gleich, und dieser ist um so viel größer als jener Winkel, unter welchem das Object a b dem freyen Auge erscheinen würde, um so viel ein Länge von 6 Zollen die Länge e c übertrift. (§. 187.) Es ist also der Winkel, unter welchem das Object in einem solchen Miktoscop gesehen wird, zum Winkel, unter dem es dem freyen Auge erscheinen würde, in einem zusammen gesetzten Verhältniße aus der Entfernung des Bildes vom Objective zum Focus des Ocularglases, und einer Länge von 6 Zollen zur Entfernung des Objects von der Objectivlinse. Man kann demnach die Vergrößerungskraft eines solchen Mikroscops zu berechnen diese Regel geben.

Multiplicieret C e die Entfernung des Bildes vom Objective durch 6. Zolle oder 72 Linien: multiplicieret die Focallänge des Oculars durch e c die Entfernung des Objects vom Objective: dividieret das erste Product durch das letzte: der Quotient zeigt an, wie oft der Durchmesser des Objects durch das Mikroscop vergrößert wird.

204. Lasset uns in einigen Exempeln die Anwendung machen. Es sey d f eine beyderseits gleich convere Linse von 8. Linien im Radius. Das Object a b stehe einen Zoll, oder 12 Linien weit vom Objective. Das Ocularglas D F habe eine beyderseits gleiche Krümmung von 12 Linien im Radius. Weil der Radius der Objectivlinse 8 Linien groß ist, und die Entfernung des Objects von derselben 12 Linien beträgt, so findet ihr durch die Formel §. 97 die Entfernung C e des Bildes vom Objective = 18. 46 Linien. Multiplicieret ihr nun C e oder 18. 46 durch 6

Zolle oder 72 Linien, so ist das Product 1342,08. Weil nun der beyderseits gleiche Radius des Oculars 12 Linien groß ist, so findet ihr den Focus parallel einfallender Stralen durch die Formel §. 98 gleich 10.9 = CE. Multiplicieret ihr nun e c die Entfernung des Objects vom Objective, nämlich in unserm Exempel 12, durch die Focallänge des Oculars nämlich durch 10.9, so ist das Product 130.9. dividieret ihr das vorige Product 1342.08 durch dieses letzte 130.9, so ist der Quotient 10.26. Dieses Mikroscop würde also den Durchmesser des Objects bey nahe 10, 3 mal, die Oberfläche 106mal, den körperlichen Inhalt 1093mal vergrößern.

Zweytes Exempel.

Es sey der Radius der beyderseits gleich convexen Objectivlinse 5 Linien: die Entfernung des Objects von derselben 6 Linien. Der Radius des Oculars 12 Linien. Ihr findet durch die Formel §. 97 C e = 18.75. Wenn ihr dieses durch 72 Linien multiplicieret, so entsteht 1340. Multiplicieret ihr die Focallänge des Oculars, nämlich 10.9 (§. 204) Durch die Entfernung des Objects vom Objective, nämlich durch 6, so ist das Product 65.4 dividiret ihr jenes Product durch dieses letzte, so ist der Quotient bey nahe 20.5, dieses Mikroscop vergrößert also den Durchmesser des Objects 20.5 mal.

205. Ihr könnntet auch also folgern, das Bild A B ist so viel größer als das Object a b um so viel e C die Entfernung des Bildes vom Objective größer ist als e c die Entfernung des Objects vom Objective. Wenn ihr also die Entfernung des Bildes vom Objective nach der Vorschrift §. 97. suchet, und diese durch die Entfernung des Objects vom Objective dividieret, so zeigt der Quotient,

wie

wie oft der Durchmesser des Bildes den Durchmesser des Objects übertrift. Dividiret ihr 72 Linien durch die Focallänge des Oculars, so zeigt der Quotient, wie oft das Ocular das Bild abermal vergrößert: und wenn ihr endlich den vorerhaltenen Quotient durch diesen letzten multiplicieret, so zeigt das Product, wie oft das Mikroscop den Durchmesser des Objects vergrößert. Wir wollen das oben gesetzte Exempel wieder vor die Hand nehmen.

Es sey der Radius der beyderseits gleichconvexen Objectivlinse 5 Linien, des Oculars 12 Linien, die Entfernung des Objects vom Objective 6 Linien. Ihr findet §. 97 die Entfernung des Bildes von der Objectivlinse 18.75 Linien. Dividieret ihr diese durch 6, nämlich durch die Entfernung des Objects vom Objective, so entsteht der Quotient 3.125. Das Bild ist demnach seinem Durchmesser nach 3.125 mal größer als das Object. Dividieret ihr 72 Linien durch 10.9 die Focallänge des Oculars, so ist der Quotient 6.6. Das Ocular vergrößeret also den Durchmesser des Bildes 6.6mal. Multipliciret ihr 3.125 durch 6.6, so ist das Product 20.6 die ganze Vergrößerungskraft des Mikroscops.

206. Ihr habet in dieser Art die Vergrößerung zu bestimmen diesen Vortheil, daß wenn in mehrern Mikroscopen, das Ocularglas von der nämlichen Focallänge ist, und nur die Objectivlinse, und ihre Entfernung vom Objecte geänderet wird, ihr die Vergrößerung durch das Ocular nur einmal rechnen dürfet.

Exempel.

Der Radius einer beyderseits gleich convexen Linse sey 8 Linien; des Oculars, wie im vorhergehenden Exempel 12 Linien. Die Entfernung des Objects von der Objectivlin-

se sey 12 Linien. Ihr findet nach Vorschrift §. 97 die Entfernung des Bildes vom Objective gleich 18.46. Dividiret ihr dieses durch die Entfernung des Objects vom Objective, nämlich durch 12, so zeigt der Quotient 1.5383, daß durch die Objectivlinse das Bild nur 1.5383mal gröser als das Object werde. Es ist euch nun schon bekannt das Ocular vergrößere das Bild 6.6mal. Multiplicieret also 1.5383 durch 6.6, so zeigt das Product 10.153 die Vergrößerungskraft des ganzen Mikroscops. Die eben gefundene Vergrößerungskraft ist von der, welche wir nach der ersten Art §. 204 gefunden haben, zwar in etwas weniges unterschieden. Allein dieser kleine Unterschied rühret nur daher, weil wir in der zweyten Art die Vergrößerung, welche durch das Ocular, und jene, welche durch die Objectivlinse verursachet wird, nicht gar genau, sonder nur bis auf eine oder zwey Decimalziffern gesuchet haben. Es ist aber gemeiniglich nicht nothwendig die Vergrößerungskraft gar so genau zu bestimmen.

207. Wenn die Entfernung des Objects vom Objective nur um etwas weniges geänderet wird, so veränderet sich die Entfernung des Bildes vom Objective gemeiniglich schon ziemlich viel. Ich will es in einem einigen Exempel zeigen. Ihr habet im zweiten Exempel §. 204 die Entfernung des Objects von der Objectivlinse 6 Linien groß angenommen, und hieraus die Entfernung des Bildes vom Objective gleich 18.75 Linien gefunden. Setzet nun die Entfernung des Objects von der Linse verändere sich nur um eine halbe Linie, und sey gleich $5\frac{1}{2}$ Linien. Wenn ihr nun die Entfernung des Bildes aus der Formel §. 97 berechnet, so findet ihr 26.19. Es hat also eine Veränderung einer halben Linie in der Entfernung des Objects, die Entfernung des Bildes um $7\frac{1}{2}$ Linien veränderet.

208. Wenn sich die Entfernung des Bildes vom Objective änderet, so muß nothwendig die Vergrößerungskraft auch geänderet werden: (§. 203) Hieraus folget, daß man mit den nämlichen zweyen Gläsern Mikroscopen von verschiedener Vergrößerungskraft machen könne, wenn man nur den Abstand des Objects vom Objective ändert.

209 Unterdessen haben die Veränderungen, die man in der Entfernung des Objects vom Objective fürnehmen darf, ziemlich enge Schranken. Diese Entfernung darf niemal so groß werden, daß sie der doppelten Focallänge der Objectivlinse gleich, oder noch größer werde. Denn im ersten Falle würde die Entfernung des Bildes vom Objective der Entfernung des Objects vom Objective gleich, im zweyten aber jene noch kleiner als diese werden. Dieses könnet ihr leicht erfahren, wenn ihr in der allgemeinen Formel (§. 97) $x = \frac{10dr}{11d - 10r}$ anstatt d die doppelte Focallänge der Linse setzet; denn der allgemeine Ausdruck der Focallänge was immer für einer Linse ist $\frac{10r}{11}$: setzet ihr dessen zweyfaches, nämlich $\frac{20r}{11}$ in der eben angezeigten Formel anstatt d, so bekommet ihr $x = \frac{10 \times \frac{20r}{11} \times r}{20r - 10r} =$

$\frac{\frac{20r}{11} \times 10r}{10r} = \frac{20r}{11}$. Es ist also gleichwie die Entfernung des Objects von der Linse, also auch die Entfernung

des Bildes von eben derſelben $= \frac{20r}{11}$, und folglich ſind beyde einander gleich. Weil nun das Bild immer näher zur Linſe rückt, je mehr ſich das Object von derſelben entfernet, ſo iſt offenbar, daß wenn das Object mehr als die doppelte Focallänge von der Linſe ſich entfernet, das Bild näher bey derſelben ſich geſtalten werde. Es würde alſo im erſten Falle das durch die Objectivlinſe geſtaltete Bild dem Object gleich, im zweyten Falle aber noch kleiner als dieſes ſeyn: und folglich würde die Objectivlinſe im erſten Falle zur Vergrößerung nichts beytragen, im andern aber gar verkleinern. Sie darf auch nicht ſo klein werden, daß ſie der Focallänge der Objectivlinſe gleich, oder noch kleiner als dieſelbe werde. Denn ſonſt würden im erſten Falle die von einem jeden Puncte des Objects ausfahrenden Stralen durch die Brechung in der Objectivlinſe unter einander parallel, (§. 99) im andern Falle aber gar divergierend werden, und folglich nirgends ein Bild des Objecs geſtalten. Ja wenn die Entfernung des Objects vom Objective ſo klein wird, daß ein gar kleiner Unterſchied zwiſchen ihr und der Focallänge der Objectivlinſe iſt, ſo wird das Bild erſt in einer ungemein großen Entfernung geſtaltet; das Rohr des Mikroſcops müßte alſo ſehr lang werden: welches zum Gebrauche ſehr unbequem iſt. Zu dem, wenn das Bild erſt in einer großen Entfernung entworfen, und alſo ſehr groß wird, ſo wird es ziemlich matt ausſehen, weil das vom kleinen Objecte in die kleine Objectivlinſe geworfene Licht, nun in einen großen Raum muß ausgetheilet werden.

210. Nun iſt noch übrig zu zeigen, wie groß in dieſem Mikroſcop das Object ſeyn darf, daß es auf einmal kann überſehen werden, oder was eines iſt, wie groß das Feld eines ſolchen Mikroſcopes iſt.

Nur

Nur jene Puncte des Objects a b können von dem hinter dem Oculare stehenden Auge gesehen werden, derer Stralen, nachdem sie sich irgendwo im Bilde A B vereiniget haben, und alsdenn in ihrer vorigen Richtung fortgefahren sind, noch auf die Oeffnung des Oculars D F fallen. Wenn ihr nun diese Oeffnung D F auf das genauiste gemessen habet, so könnet ihr die Größe des Bildes A B, welches auf einmal mag übersehen werden, leicht finden, wenn ihr aus den ähnlichen Triangeln D e F und B e A folgende Analogie herleitet.

$$E e : e C = D F : A B$$

Ihr bekommet $A B = \frac{e C \times D F}{E e}$.

Weil ferner die Triangel B e A und b e a einander ähnlich sind, so habet ihr

$$B A : b a = C e : c e$$

oder, wenn ihr anstatt B A seinen eben zuvor gefundenen Werth setzet, so entsteht $\frac{e C \times D F}{E e} : b a = C e : c e$

Hieraus findet ihr $a b = \frac{e C \times D F \times e c}{E e \times e C} = \frac{D F \times e c}{E e}$.

Man kann also das Feld eines solchen Mikroscops zu finden diese Regel geben. Messet auf das genaueste die Oeffnung des Oculars, wie auch die Entfernung des Objects vom Objective: multiplicieret beyde durcheinander: das Product dividieret durch die Entfernung des Oculars vom Objective. Der Quotient ist die Größe des Feldes.

Es sey die Entfernung des Objects von der Objectivlinse 6 Linien: die Oeffnung des Oculars sey ebenfalls 6

Linien: die Entfernung der Objectivlinse vom Oculare betrage 31 Linien. Wie groß wird das Feld seyn? Wenn ihr die Entfernung 6 des Objects vom Objective mit der Oeffnung 6 des Oculars multiplicieret, so ist das Product 36. Dividieret ihr dieses durch die Entfernung 31 des Objectives von dem Oculare, so ist der Quotient $\frac{36}{31}$ oder $1\frac{5}{31}$. Das Feld dieses Mikroscopes würde also etwas mehr als eine Linie im Durchmesser haben.

211. Anmerkung. Man kann die Oeffnung des Oculars nicht nach Belieben erweitern: sie muß mit der Focallänge des Oculars in einer gewissen Proportion stehen. Ein scharfes Ocular von einem kleinen Focus leidet keine so große Oeffnung als ein minder scharfes von einem größern Focus. Denn wollte man einem scharfen Oculare eine große Oeffnung geben, so würden die äußern Puncte des großen Bildes AB, derer Stralen auf die äußern Theile des Oculars fallen, nicht mehr im Focus des Oculars liegen, wenn anderst der mittlere Punct C in demselben liegt, und diese obwohl in sich selbst kleine Abweichung vom Focus wäre bey einem so scharfen Oculare schon hinlänglich, daß die von einem dieser äußern Puncte ausfahrenden Stralen nicht mehr unter einander parallel würden, und folglich zum deutlichen Sehen nicht mehr taugten. Es ist also besser, daß man das Ocular ringsherum in etwas zudecke, und also die von den äußern Puncten des Bildes AB kommenden Stralen von dem Ocularglase und eben darum auch von dem hinter ihm stehenden Auge abhalte. Es geben einige diese Regel: Die Oeffnung des Glases soll nicht über den zwanzigsten Theil der Peripherie eines Cirkels ausmachen, welcher mit eben demselben Radius beschrieben wird, den die Convexität der Linse hat. Z. E. Es sey ein beyderseits also erhabene Linse, daß der Radius einen Zoll oder

12 Linien betrage, der Durchmesser wird also 2 Zolle oder 24 Linien haben. Und weil der Durchmesser sich zur Peripherie verhält wie 113 zu 355, so wird die ganze Peripherie 75 Linien groß seyn. Dividieret ihr dieses durch 20, so zeigt der Quotient 3.7, daß ihr diesem Oculare nicht gar 4 Linien Oeffnung geben sollet. Gemäß dieser Regel könnte man den Ocularn nach Verschiedenheit ihrer Focallängen verschiedene Oeffnungen geben, wie sie in dieser Tabelle verzeichnet sind.

Focallänge des Oculars	seine Oeffnung.
1. Zoll.	3,7 Linien
$1\frac{1}{2}$	5,6
2	7,5
$2\frac{1}{2}$	9,4
3	11,3
$3\frac{1}{2}$	13,2
4	15,1.

212. Zweyte Anmerkung. Man kann diesem Fehler noch füglicher auf eine andere Art abhelfen. Man stellet an dem Orte des Bildes, nämlich in einer solchen Entfernung vom Oculare, die desselben Focallänge gleich ist, eine schwarz angestrichene Blendung. Man giebt dieser eine cirkelrunde Oeffnung, die sich auf die Schärfe des Oculars schicket: wodurch dann das Bild also begränzet wird, daß alle seine Theile genau genug im Focus des Oculars liegen. In dieser Einrichtung muß die Größe des Feldes auf eine in etwas abgeänderte Art berechnet werden. Die Aehnlichkeit der Triangel B e A und b e a giebt uns diese Proportion:

B A:

$$BA : ba = Ce : ce$$ folglich iſt

$$ba = \frac{BA \times ce}{Ce}.$$ Weil nun $Ce = Ee - CE$, ſo iſt

$$ba = \frac{BA \times ce}{Ee - CE}.$$

Man kann alſo das Feld in dieſer Einrichtung zu finden dieſe Regel geben. Multiplicieret die Oeffnung der Blendung durch die Entfernung des Objects von der Objectivlinſe. Ziehet die Focallänge des Oculars von der Entfernung des Oculars von der Objectivlinſe ab. Dividieret das vorerhaltene Product durch dieſe Differenz: der Quotient iſt das Feld.

Wie groß muß aber in jedem Falle die Oeffnung der im Focus des Oculars geſtellten Blendung ſeyn? Ich antworte: Dieſes hängt abermal von der Schärfe des Oculars ab. Ein Ocular von einem kleinen Focus, gleich wie es eine kleine Oeffnung leidet, (§. 211) alſo leidet es auch eine nicht weit eröffnete Blendung.

213. Ihr erkennet aus dieſem, daß das Feld eines doppelten Mikroſcopes erweiteret werde, ſo wohl durch eine größere Entfernung des Objects von der Objectivlinſe (denn dieſe verurſachet eine kleinere Entfernung des Bildes von der Objectivlinſe (§. 97) und eben darum auch eine kleinere Entfernung des Objectivs von dem Oculare) als durch eine größere Oeffnung der Blendung. Nun aber wird durch das erſte die Vergrößerungskraft, (§. 203) durch das andere die Deutlichkeit des Sehens verminderet. Man muß alſo beyde dieſe Stücke ſo einrichten, daß man zugleich in Abſicht auf das Object, das man betrachten will, eine genug-

ſa-

same Vergrößerung, und ein genugsames Feld, und zugleich die gehörige Deutlichkeit erlange. Daher wenn man größere Objecte, etwan einen ganzen Floh auf einmal zu sehen verlanget, muß man mit einer geringern Vergrößerung zu frieden, das Object etwas weiter von der Linse entfernen, damit das Bild in einer nicht gar zu großen Entfernung gestaltet, und eben darum ein solches Feld erhalten werde, welches das ganze Object fasse. Will man aber sehr kleine Objecte betrachten, als etwan die kleinsten Thierchen in gewißen Weichungen, so muß man sorgen, eine stärkere Vergrößerung zu erhalten: man muß also das Object näher zur Linse rücken; denn solcher Gestalt wird das Bild in einer großen Entfernung, und eben darum sehr groß entworfen werden: und man wird dennoch ein genugsames Feld haben, ein so kleines Thierchen, ja wohl mehrere derselben ganz auf einmal übersehen zu können.

214. **Anmerkung.** Was eben ist gesagt worden, ist von jenem Falle zu verstehen, da man nur eine Objectivlinse hat, und doch durch diese eine verschiedene bald stärkere bald mindere Vergrößerung zu erhalten verlanget. Nun ist aber für sich selbst klar, daß in diesem Falle das Rohr, welches das Ocularglas in sich begreift, müße merklich ausgezogen, und von der Objectivlinse nach Belieben mehr oder weniger entfernet werden können. Denn das durch die Objectivlinse gestaltete Bild muß allezeit im Focus der Ocularlinse stehen, und dieses Bild wird bald weiter vom Objective, bald näher bey demselben gestaltet, nachdem nämlich die Entfernung des Objectes vom Objective kleiner oder größer ist.

215. Ich will hier eine Tabelle ansetzen, in welcher für eine beyderseits gleich convexe Objectivlinse von einem

Zolle

Zolle im Radius, und für ein Ocularglas von 2 Zollen im Radius auf verschiedene Entfernungen des Objects von der Objectivlinse die Entfernung des Bildes von der Objectivlinse, die Länge des ganzen Rohres, die Vergrößerungskraft und das Feld nach den oben gegebenen Regeln berechnet sind. Es soll aber in dieser Tabelle e die Entfernung des Objects von der Objectivlinse, E die Entfernung des Bildes von eben derselben Objectivlinse, L die Länge des ganzen Rohres, V die Vergrößerungskraft, F das Feld anzeigen.

e	E	L	V	F
16 Lin.	34.3 Lin.	6½ Zoll	7mal	2 Linien
15	40	7	8.8	1.8
14	49.4	7.9	11.6	1.5
13½	56.8	8 4	13.9	1.3
13	67.8	9.3	17.3	1.1
12½	85.7	10.9	22.6	0.9
12	120	13.8	33	0.6

216. Wenn ihr diese Tabelle in etwas betrachtet, so sehet ihr erstens: daß die Vergrößerung immer stärker wird, je näher das Object zur Objectivlinse kömmt. Zweytens daß da die Vergrößerung wächst, das Feld immer abnimmt. Drittens daß die Entfernung des Bildes viel stärker wächst, als die Entfernung des Objects abnimmt. Viertens daß dieses schnelle Wachsen der Entfernung des Bildes sonderbar Statt hat, wenn die Entfernung des Objects der Focallänge der Objectivlinse anfangt nahe zu kommen, denn

die

die letzte Veränderung von $12\frac{1}{2}$ zu 12 Linien hat das Bild um 34 Linien weiter weggeworfen. Aus welchem dan augenscheinlich erhellet, daß man die Objectivlinse sehr langsam durch eine sehr feine Schraube gegen dem Object müße bewegen können. Sonst, wenn man dieses mit freyem Ausziehen des Rohres bewerkstelligen will, wird man gemeiniglich bald zu viel bald zu wenig ausziehen, und also die wahre zum deutlichen Sehen nothwendige Stellung überspringen.

217. Ist das Mikroscop so eingerichtet, daß die Entfernung der Objectivlinse von dem Ocularglase nicht kann veränderet werden (wie man es heut zu Tage gemeiniglich einzurichten pflegt) so müßen, wenn man nach Erfoderung der Umstände bald eine stärkere, bald eine mindere Vergrößerung verlanget, verschiedene Objectivlinsen in Bereitschaft seyn, welche immer einen kleinern Radius, und eben darum eine stärkere Vergrößerungskraft haben. Man muß ferner das Object zu der Linse oder diese zu dem Objecte durch eine sehr langsame Bewegung näher hinzuschieben, oder aber davon entfernen können, bis das Bild eben im Focus des Ocularglases gestaltet wird. Die Vergrößerungskraft und das Feld wird in dieser Einrichtung eben auf die Art berechnet, wie oben §. 204 oder 205 und §. 210 oder 212 ist erkläret worden, mit diesem einzigen Unterschiede, daß ihr die Entfernung des Bildes zu finden keiner weitläufigen Rechnung nöthiget habet. Ihr därfet nur die unveränderliche Entfernung der Objectivlinse vom Ocularglase genau messen, und die Focallänge des Oculargla-ses davon abziehen, so habet ihr diese Entfernung des Bildes von der Objectivlinse. Wenn ihr alsdenn das Object also unter euer Mikroscop gestellet habet, daß ihr selbes vollkommen deutlich sehet, so därfet ihr nur die Entfernung des Objects von der Objectivlinse, wie auch die Oeffnung des

Ocu-

Oculars oder der Blendung genau messen, so habet ihr schon alles, was die Vergrößerungskraft nach der Vorschrift §. 204 oder 205 und das Feld nach Vorschrift §. 110 oder 112 zu berechnen vonnöthen ist.

218 **Anmerkung.** Weil es etwas schwer ist die Entfernung des Objects von der Objectivlinse recht genau durch das Meßen zu bestimmen: und weil ein kleiner Fehler in Bestimmung dieser Entfernung schon einen ziemlich großen Fehler in der Bestimmung der Vergrößerungskraft hervorbringt, so wäre es, um die Vergrößerungskraft genau zu berechnen, besser gethan, wenn ihr aus dem bekannten Radius der Objectivlinse, und aus der gleichfalls bekannten Entfernung des Bildes diese Entfernung des Objects von der Objectivlinse berechnetet. Ihr dörfet nur in der Formel §. 97 die Größen x und r als bekannt annehmen und die Größe d, welche eben diese Entfernung fürstellet, daraussuchen. Ich will hier eine Tabelle beysetzen, in welcher diese Entfernung des Objects von der Objectivlinse, die Vergrößerung des Durchmessers, der Oberfläche, des cörperlichen Innhalts und des Feldes schon berechnet angesetzet sind für ein Mikroscop, dessen beyderseits gleichconvexes Ocularglas $1\frac{1}{2}$ Zoll im Radius, und die Blendung 4.5 Linien Oeffnung hat, die Entfernung aber der Objectivlinse von dem Ocular 7 Zolle ist, und endlich die sechs verschiedenen Linsen folgende Radios haben: die erste 12 Linien, die andere 10 Linien, die dritte 8, die vierte 6, die fünfte 4, die sechste 2. Es ist aber zu merken, daß in dieser Tabelle R den Radius der Objectivlinse, E die Entfernung des Objects von der Objectivlinse, D die Vergrößerung des Durchmessers, O die Vergrößerung der Oberfläche, K die Vergrößerung des körperlichen Innhalts, und endlich f das Feld anzeige.

R	E	D	O	K	f
12 Lin.	13 Lin.	23mal	529mal	12167mal	0.86 Lin.
10	10.5	28	784	21952	0.7
8	8.16	36.5	1332	48627	0.54
6	5.93	50	2500	125000	0.39
4	3.8	78	6084	474552	0.25
2	1.87	159	25281	4019679	0.13

Das Feld des Mikroscopes um etwas zu erweitern, kann man zwischen das Objectiv und Ocularglas noch ein anderes setzen, welches man das **Collectivglas** zu nennen pflegt: und hieraus entstehen die Microscope mit dreyen Gläsern, die ich jetz untersuchen will.

219. Es sey Fig. XXV. Tab. IV. a b ein kleines Object, d f eine Objectivlinse, welche die vom Objecte ausfahrenden Stralen also breche, daß desselben Bild in α β entstehen würde. Nun aber setze man ein anderes Converglas G K zwischen die Objectivlinse, und zwischen das von ihr zu gestaltende Bild. Die Stralen werden durch dieses Glas abermal gebrochen sich bälder versammeln, als ohne dasselbe geschehen wäre. Es wird also das Bild A B in einer kleinern Entfernung von der Objectivlinse etwan in A C B entworfen werden. Wenn nun das dritte Glas D F also gestellet wird, daß das Bild A B in desselben Focus steht, so werden die von einem jeden Puncte des Bildes ausfahrenden Stralen durch das Ocular gebrochen, unter einander parallel, und hiemit zum deutlichen Sehen tauglich werden. Dieses ist in Kürze die Natur eines aus dreyen Gläsern zu-

sammen gesetzten Mikroscopes. Lasset uns jetz die scheinbare Stellung des Objects, die Vergrößerungskraft, und die Größe des Feldes in dieser Gattung der Mikroscope betrachten.

220. Das Object muß durch ein solches Mikroscop in verkehrter Stellung erscheinen, denn das Bild AB ist in Ansehung des Objects ab verkehrt, und dieses Bild wird durch das Ocular unmittelbar betrachtet, ohne von demselben wieder aufgerichtet zu werden. Freylich könnte man das Bild aufrichten, wenn man vier Gläser anwenden wollte, wie es weiter unten erhellen wird, da von den Fernröhren die Rede seyn wird. Ja man könnte eine aufrechte Stellung des Objects auch mit dreyen Gläsern erhalten; denn wenn das Glas GK hinter dem Bilde, und zwar erst in einer größern Entfernung als sein Focus betrift, gestellet würde, so würde sich hinter diesem Glase ein neues Bild gestalten, welches man durch ein in der Entfernung seiner Focallänge gestelltes Ocularglas aufrecht sehen könnte. Allein wenn die vom Objecte auf die Objectivlinse gefallenen Stralen durch vier Gläser durchfahren müßten, so würde das Licht zu viel geschwächet, man würde ein mattes Bild erhalten. Wenn aber durch 3 Gläser das Object auf die eben beschriebene Art aufrecht erscheinen soll, so wird das Rohr des Mikroscops zu lang: zu deme, je mehrere Bilder gestaltet werden, desto undeutlicher und mit falschen Farben vermischter müßen sie werden, weil die von einem Puncte kommenden Stralen, niemal mehr vollkommen in einem Puncte vereiniget werden. Endlich liegt ja gar nichts daran, ob ich so kleine Objecte aufrecht oder verkehrt, ob ich z. E. den Kopf eines Flohes zur rechten oder zur linken Seite sehe. Wir würden also in Aufrichtung der Objecte mehr verliehren als gewinnen.

221. Die Vergrößerungskraft eines solchen Mikroscopes mit dreyen Gläsern zu bestimmen könnet ihr also folgern. Das Object a b muß durch dieses Mikroscop um so viel größer erscheinen, je größer das Bild A B ist, und je mehr dieses Bild durch das Ocular D F abermal vergrößert wird. Das letzte, nämlich wie oft das Bild A B durch das Ocular vergrößert werde, läßt sich gar leicht bestimmen, ihr därfet nur 6 Zolle oder 72 Linien durch die Focallänge des Oculars dividieren: der Quotient giebt die gesuchte Vergrößerung. Das erste, um wie viel nämlich das Bild A B größer sey, als das Object a b läßt sich zwar etwas härter berechnen, doch kann es auf folgende Art geschehen. Es muß euch hiezu bekannt seyn der Radius der Objectiv- und der Collectivlinse, die Entfernung e c des Objects von dem Objective, die Entfernung e H der Collectivlinse von der Objectivlinse. Ist nun dieses alles bekannt, so könnet ihr aus dem gegebenen Radius der Linse d f, und aus der Entfernung e c des Objects von derselben die Entfernung e x des Bildes $\alpha\,\beta$ finden, welches von der Linse d f allein würde gestaltet werden, wenn die von ihr gebrochenen Stralen durch kein anderes Glas mehr aufgefangen würden. Dividieret ihr e x durch e c, so zeigt der Quotient, wie oft das Bild $\alpha\,\beta$ das Object a b übertreffen würde. Wenn ihr ferner e H die bekannte Entfernung der Objectivlinse von dem Collectivglase von dem eben gefundenen e x abziehet, so bleibt H x die Entfernung, in welcher sich die convergierend auf das Glas G H fallenden Stralen, hinter demselben vereinigen würden, wenn sie keine neue Brechung leiden sollten. Weil euch dann überdas der Radius der Linse G K bekannt ist, so könnet ihr die Entfernung C H finden, in welcher nach der zweyten Brechung durch die Linse G K das Bild A B sich wirklich

klich entwerfen wird. Wenn ihr nun aus H eine gerade Linie nach S ziehet, so ist klar, daß der Punct B irgendwo in eben dieser Linie müße abgebildet werden; denn die nach S zielenden Stralen werden durch das Collectiv GK also gebrochen, daß sie sich in ihrer Achse vereinigen, das ist, in jener Linie, welche ebenfalls nach β ziehlet, und zu gleich durch den Mittelpunct H des Glases GK geht. Eben dieses ist auch von dem Puncte A zu verstehen. Die Triangel βHa und BHA sind also einander ähnlich: ihr habet hiemit die Proportion.

x H: C H :: β α: B A.

Wenn ihr also CH durch β α multiplicieret, und das Product durch xH dividieret, so habet ihr die Größe des Bildes AB. Multiplicieret nun diese durch den schon oben gefundenen Quotient, welcher die Vergrößerungskraft des Oculars ausdrückt, das Product wird die Vergrößerung geben, die durch das ganze Mikroscop erhalten wird. Ein oder das andere Exempel wird die Sache klar machen.

Erstes Exempel.

222. Es sey der Radius der beyderseits gleich converen Objectivlinse gleich 6 Linien. Der Radius der Collectivlinse 3 Zolle oder 36 Linien: der Radius des Oculars $1\frac{1}{2}$ Zoll oder 18 Linien: die Entfernung der Objectivlinse vom Collectivglase $4\frac{1}{2}$ Zolle, oder 54 Linien: die Entfernung des Objects von der Objectivlinse 6 Linien: Wie stark wird die Vergrößerungskraft seyn? Wenn ihr nach Vorschrift §. 98 die Focallänge des Ocularglases suchet, so findet ihr 16.3636. Dividieret ihr durch dieses 6 Zolle oder 72 Linien, so giebt der Quotient 4.4 die Vergrößerungskraft des Oculars. Weil der Radius der Objectivlinse 6 Linien: die Entfernung des Objects von derselben ebenfalls 6 Linien

groß

groß ist, so habet ihr in der Formel $x = \frac{10dr}{11d - 10r}$ (§. 97) $d = 6$. und $r = 6$. Und hieraus entsteht x oder $ex = \frac{360}{6} = 60$. Dividieret ihr dieses ex nämlich 60 durch ec das ist, durch 6, so entsteht der Quotient 10: das Bild $\alpha\beta$ würde hiemit 10mal größer als das Object ab seyn. Ziehet ihr eH oder 54 Linien von ex nämlich von 60 ab, so ist der Rest $6 = Hx$. Weil euch nun überdas der Radius der beyderseits gleich convexen Collectivlinse bekannt ist, nämlich 3 Zolle oder 36 Linien, so habet ihr in der allgemeinen Formel $x = \frac{10dr}{11d + 10r}$ (§. 100) $d = 6$ und $r = 36$. Hieraus entsteht $x = \frac{2160}{66 + 360} = \frac{2160}{426} = 5.07 = HC$. Wenn ihr nun diese Proportion anstellet

$Hx : HC :: \alpha\beta . AB$ Das ist

$6 : 5.07 :: 10 : AB$ so findet ihr

$AB = \frac{HC \times \alpha\beta}{Hx} = \frac{5.07 \times 10}{6} = 8.45$ das Bild AB ist demnach 8.45mal größer als das Object ab. Multiplicieret ihr dieses durch 4.4 nämlich durch die schon oben gefundene Vergrößerungskraft des Ocularglases, so giebt das Product 37.18 die Vergrößerungskraft des ganzen zusammgesetzten Mikroscops.

Zweytes Exempel.

Es sey eH die Entfernung des Collectivglases von der Objectivlinse 4 Zolle. Alles übrige sey wie im vorhergehenden Exempel. Wie stark wird die Vergrößerung seyn?

Weil der Focus der Objectivlinse, und die Entfernung des Objects von derselben wie im vorhergehenden Exempel ist, so wird auch e x, die Entfernung des Bildes seyn wie zuvor, nämlich 60 Linien. Das Bild $\alpha\ \beta$ wird abermal wie zuvor 10mal größer als das Object a b seyn. Ziehet ihr nun e H oder 48 Linien von e x, das ist von 60 ab, so bleibt H x = 12. Es ist demnach in der Formel $x = \frac{10\,d\,r}{11\,d + 10\,r}$ (§. 100) d = 12 und r = 36. Hieraus entsteht $x = \frac{4320}{132 + 360} = 8.78 = H\,C$. Wenn ihr nun die Proportion machet

x H : C H :: $\alpha\ \beta$: A B Das ist

12 : 8.78 :: 10 : A B, so findet ihr

$AB = \frac{CH \times \alpha\,\beta}{xH} = \frac{8.78 \times 10}{12} = 7.3167$. Das Bild A B ist also 7.3167mal größer als das Object a b. Weil das Ocularglas, und eben darum auch seine Vergrößerungskraft die nämliche ist, so müßet ihr die Größe des Bildes A B durch 4.4 multiplicieren: das Product 3219 zeigt die Vergrößerungskraft des ganzen Mikroscops.

223. Wenn ihr die im zweyten Exempel gefundene Vergrößerungskraft mit jener des ersten vergleichet, so sehet ihr, daß wenn alles übrige das alte bleibet, die Vergrößerung immer schwächer wird, je näher das Collectiv zum Objective rückt.

Der Vortheil, den man durch ein solches Mikroscop mit dreyen Gläsern erhält, besteht haubtsächlich in dem, daß das Feld merklich größer wird, als in einem andern von gleicher Vergrößerungskraft aber mit zweyen Gläsern.

Denn

Denn weil die von einem jeden Puncte des Objects ausfahrenden und von der Objectivlinse gebrochenen Stralen durch das Collectivglas einwärts gebogen werden, so erhellet, daß die Stralen einiger seitwärts liegender Puncte auf das Oculargias gebracht werden, welche sonst nicht auf dasselbe fallen würden. Man sieht also leicht, daß in diesem Mikroscop das Feld größer seyn muß. Wenn ihr aber genau die Größe dieses Feldes berechnen wollet, so kann es also geschehen.

224. D F sey der Durchmesser des Oculargiases, oder wenn es ringsherum in etwas zugedecket ist, der Durchmesser der in der Mitte desselben gelassenen Oeffnung. A B sey das ganze Bild, welches das Auge, wenn es die vortheilhafteste Stellung hat, durch dieses Ocular auf einmal übersehen kann. e G A F und e K B D seyn die Achsen, welche von den äußersten Puncten des Objects a b, das auf einmal übersehen werden kann, herkommen. Diese Achsen werden durch das Collectivglas G K also gebrochen, daß sie sich irgendwo im Puncte O vereinigen würden, wenn sie vom Oculare D F keine Brechung mehr zu leiden hätten. Und weil euch e H die Entfernung der Objectivlinse von dem Collectivglase, wie auch der Radius des Collectivglases bekannt ist, so könnet ihr H O, das ist die Entfernung dieses Puncts O von dem Collectivglase finden, und wenn ihr H C, welches euch aus dem 222.ten §. bekannt ist, davon abziehet, so habet ihr O C: und wenn ihr von diesem die bekannte Focallänge des Oculars nämlich E C abziehet, so bekommet ihr den Rest E O. Machet nun folgende Proportion.

O E : O C :: D F : A B.

Ihr findet also die wirkliche Größe des Bildes A B.

Wenn ihr diese wirkliche in Linien ausgedrückte Größe des Bildes A B durch jene nach Vorschrift §. 221 gefundene Zahl dividieret, welche ausdrückt, wie oft das Bild größer sey als das Object a b, so wird der Quotient anzeigen, wie groß das Object seyn darf, daß es auf einmal mag übersehen werden, oder was eines ist, wie groß das Feld des Mikroscopes ist, wir wollen in den §. 222 angezogenen zweyen Exempeln die Anwendung machen.

Erstes Exempel.

Es sey der Radius der beyderseits gleich convexen Objectivlinse 6 Linien, der Radius des Collectivglases 3 Zolle oder 36 Linien, der Radius des Oculars $1\frac{1}{2}$ Zoll oder 18 Linien: dessen Oeffnung 5,6 Linien: die Entfernung der Objectivlinse vom Collectivglase $4\frac{1}{2}$ Zoll oder 54 Linien, die Entfernung endlich des Objects von der Objectivlinse 6 Linien. Wie groß wird das Feld seyn?

Weil e H = 54 und der Radius des Glases G K = 36, so habet ihr in der Formel $x = \frac{10\,d\,r}{11\,d - 10\,r}$ (§. 97) $d = 54$ und $r = 36$. Hieraus entsteht $x = \frac{19440}{594 - 360}$

$= \frac{19440}{234} = 83.077 = H O$. Ihr habet im 222. §. gefunden H C = 5.07: ziehet ihr dieses von H O, nämlich von 83.077 ab, so ist der Rest 78.007 = C O, und wenn ihr von diesem die Focallänge E C des Ocularglases, nämlich 16.3636 (§. 222) abziehet, so bleibt 61.6434 = O E. Nun saget O E : O C :: D F : A B, das ist

61.6434 : 78.007 :: 5.6 : A B folglich

ist

ist $AB = \frac{OC \times DF}{OE} = \frac{780.007 \times 5.6}{61.6434} = 7.0865$

Das Bild AB ist also 7.0865 Linien groß. Nun wisset ihr, daß das Bild AB 8.45mal größer sey als das Object ab (222) Wenn ihr also 7.0865 durch 8.45 dividieret, so zeigt der Quotient 0.84, daß man ein 0.84 einer Linie Großes Object auf einmal übersehen kann, oder was eines ist, daß das Feld dieses Mikroscops 0.84 einer Linie beträgt.

Es sey alles wie im vorhergehenden Exempel, ausgenommen die Entfernung des Collectivs von der Objectivlinse, welche wir dießmal nur 4 Zolle groß setzen wollen. Wie groß ist das Feld?

Weil $eH = 48$, und der Radius des Collectivglases $= 36$ Linien, so haben wir in der Formel $x = \frac{10dr}{11d - 10r}$ (§. 97) $d = 48$ und $r = 36$. Folglich ist $x = \frac{17280}{528 - 360} = \frac{17280}{168} = 102.858 = HO$. Ihr habet §. 222. gefunden $HC = 8.78$: ziehet ihr dieses von HO ab, so ist der Rest $= 94.078 = OC$: und wenn ihr von diesem die Focallänge EC, nämlich 16.3636 (§. 222) des Ocularglases abziehet, so bleibt $77.7144 = EO$. Nun saget:

$OE : OC :: DF : AB$. Folglich ist $AB = \frac{OC \times DF}{OE} = \frac{94.078 \times 5.6}{77.7144} = 6.83$: das Bild AB ist also 6.83 Linien groß.

Nun wisset ihr aus der Berechnung §. 222, daß das

Bild A B 7.3167mal größer ist, als das Object a b. Wenn ihr also 6.83 durch 7.3167 dividieret, so zeiget der Quotient 0.93 das Feld dieses Mikroscops fasse 0.93 einer Linie.

225. Anmerkung. Wenn ihr an dem Orte des Bil, des A B eine Blendung gestellet habet, welches denn allezeit zu rathen ist, weil es zur Deutlichkeit vieles beyträgt, und wenn ihr die Vergrößerungskraft nach Vorschrift §. 221 schon berechnet habet, so könnet ihr das Feld weit leichter und ohne so viele Umschweife bestimmen. Ihr dürfet nur die Oeffnung der Blendung genau messen, und diese Oeffnung durch jene Zahl dividieren, welche anzeigt, wie vst das Bild A B größer als das Object a b ist: der Quotient wird das verlangte Feld anzeigen.

226. Ich setze hier eine Tabelle bey, in welcher E die Entfernung des Objects von der Objectivlinse, D die Vergrößerung des Durchmessers, O die Vergrößerung der Oberfläche, K die Vergrößerung des körperlichen Innhalts, und f das Feld berechnet ist, für ein Mikroscop, dessen sechs verschiedene Linsen beyderseits gleich convex und von folgenden Radiis sind: 12, 10, 8, 6, 4, 2 Linien. Der Radius des Collectivs hat 3 Zolle, des Oculars $1\frac{1}{2}$ Zoll: die Entfernung der Objectivlinse von dem Oculare beträgt 7 Zolle: die Entfernung des Collectivs von der Objectivlinse ist 4 Zolle: die Oeffnung des Oculars 5.6 Linien.

R	E	D	O	K	f
Linie.	Linien.	mal	mal	mal	Linie.
12.	12.29	14	196	2744	2.18
10.	10.02	17	289	4913	1.78
8.	7,862	22	529	12167	1.38
6.	5.779	30	900	27000	1.03
4.	3.778	45	2025	91125	0.67
2	1.852	92	8464	778688	1.33

227. In Berechnung dieser Tabelle hat man also verfahren müßen. Weil e E die Entfernung des Oculars von der Objectivlinse schon bestimmet, und unveränderlich, nämlich 7 Zolle oder 84 Linien groß ist; weil ferner das Bild A B jederzeit in dem Focus der Ocularlinse, derer Radius $1\frac{1}{2}$ Zoll groß ist, stehen, und folglich 16.3636 (§. 222) Linien weit von derselben entfernet seyn muß, so habet ihr e C = e E — E C = 84 — 16.3636 = 67.6364, und wenn ihr e H, das ist, 48 Linien davon abziehet, so bleibt H C = 19.6364. Aus diesem nun, und aus dem bekannten Radius des Collectivglases könnet ihr H x berechnen. Denn wenn ihr die Formel $x = \frac{10\,d\,r}{11\,d + 10\,r}$ (§. 100) für euch nehmet, so habet ihr x = H C = 19.6364 und r = 3 Zollen oder 36 Linien. Ihr könnet also d finden. Ihr bekommet $d = \frac{10\,r\,x}{10\,r - 11\,x} = \frac{7069.104}{360 - 216} =$

$\frac{7069.104}{144} = 49.09 =$ H x: addieret ihr dieses zu e H, so

so bekommet ihr $e\,x = e\,H + H\,x = 48 + 49.09 = 97.09$: und alles dieses bleibt für alle Objectivlinsen das nämliche. Nun könnet ihr aus dem bekañten $e\,x$, und aus dem bekannten Radius der Objectivlinse die Entfernung $e\,c$ des Objects von der Objectivlinse finden; denn ihr habet in der Formel $x = \frac{10\,d\,r}{11\,d - 10\,r}$ (§. 97) $x = e\,x =$ 97.09 und r jedesmal gleich dem Radius der Objectivlinse. Ihr könnet also $d = c\,e$ finden. Ihr bekommet immer $d = \frac{10\,r\,x}{11\,x - 10\,r}$. Ist nun dieses für eine jede Objectivlinse gefunden, so könnet ihr die Vergrößerungskraft nach Vorschrift §. 221 und das Feld nach Vorschrift §. 224 berechnen.

228. Wenn ihr diese Tabelle mit jener §. 218, in welcher die Objectivlinsen, das Ocularglas, wie auch die Entfernung der Objectivlinse vom Ocularglase eben so, wie in der gegenwärtigen ist angenommen worden, vergleichet, so sehet ihr, daß durch Dazwischensetzung des Collectivs die Vergrößerungskraft zwar in etwas verminderet wird, das Feld aber wächst. Ihr sehet aber zugleich, daß das Feld in einer weit größern Proportion wächst, als die Vergrößerungskraft abnimmt: denn das Feld ist bey einer jeden Linse mehr dann noch so groß in der letzten Tabelle, als in der ersten: die Vergrößerungskraft aber ist niemal noch so klein. Man hat also durch Dazwischensetzung des Collectivs einen wahren Vortheil. Zu dem wird das Bild A B durch das dazwischengesetzte Collectiv netter und deutlicher gestaltet, als ohne selbes geschehen würde. Denn die seitwärts liegenden Puncte des Objects a b haben niemal genau eben jene Entfernung von der Linse, als der mittlere Punct c

des=

desselben. Nun diese obwohl in sich selbst kleine Veränderung in der Entfernung eines jeden Puncts von der Objectivlinse verursachet bey einer Linse von einem so kleinen Focus schon eine merklich verschiedene Entfernung der Puncte des Bildes A B (Fig. XXIV.) daher wird dieses Bild dem Object schon nicht mehr ähnlich seyn. Wenn aber ein Collectivglas den Stralen entgegen gesetzet wird, ehe sie sich vereinigen, so ist es zwar wahr, daß auch die Entfernungen der Puncte des Bildes α β, (Fig. XXV.) nach denen sie zielen, in etwas verschieden sind, aber diese Verschiedenheit bringt in den Entfernungen der Puncte des wahren Bildes A B keinen so merklichen Unterschied hervor, wie es ein jeder leicht erfahren kann, wenn er in der Berechnung §. 222 die Entfernung H x etwan um eine oder auch zwo Linien änderet, er wird doch für H C immer fast das nämliche finden.

229. **Zweyte Anmerkung.** Wir haben die Größe des Feldes zu bestimmen gelehrt, welches das Aug auf einmal übersehen kann, wenn es die vortheilhafteste Stellung hat. Nun ist aber die Frage: wohin muß das Aug gestellet werden, um diese vortheilhafteste Lage zu haben? Ich antworte; es muß nicht im Focus der Ocularlinse, sonder etwas näher bey derselben stehen. Aber um wie viel näher? dieses kann auf folgende Art bestimmet werden. Nachdem ihr den Punct O, in welchem sich die von den äußersten Puncten des Bildes auf das Ocular fallenden Stralen AF und BD vereinigen würden, wenn sie im Oculare keine neue Brechung mehr leiden sollten, gefunden habet, so könnet ihr, weil euch der Radius der Ocularlinse bekannt ist, den Punct I gar leicht finden, in welchem sich eben diese Stralen nach der Brechung im Oculare vereinigen werden: und eben die-

ser

ser Punct 1 ist der Ort, an dem das Aug muß gestellet werden, um die vortheilhafteste Lage zu haben.

Exempel.

230. In dem §. 224 angesetzten Exempel findet ihr E O = 61.6434. Weil nun der Radius der Ocularlinse 18 Linien groß ist, so ist $E1 = \frac{11095.812}{858.0774} = 13$ Linien bey nahe. So weit muß also das Aug von der Ocularlinse entfernet stehen um die vortheilhafteste Stellung zu haben.

231. **Dritte Anmerkung.** Wir haben das Feld des Mikroscops aus der Oeffnung des Ocularglases bestimmet, ohne auf die Oeffnung des Collectivs eine Achtung zu machen. Es sieht aber ein jeder für sich selbst ein, daß auch diesem eine genugsame Oeffnung gegeben werden müße. Wie groß diese Oeffnung seyn müße, läßt sich gar leicht durch diese Proportion bestimmen

$$EO : OH = DF : GK.$$

Hiemit ist $GK = \frac{OH \times DF}{EO}$.

In unserem Exempel ist also $GK = \frac{83.077 \times 5.6}{61.6434} = 7.5$.

232. Man kann ein zusämmgesetztes Mikroscop noch auf eine andere Art einrichten. Man kann anstatt des Collectivs sich eines zweyten Ocularglases bedienen, wodurch man nebst einer starken Vergrößerung ein ziemlich großes Feld erhält. Ich will es in der 26sten Figur erklären.

Es sey f d eine Objectivlinse, F D und H L aber zwey Oculare von einem ziemlich großen Focus etwan von 3 Zollen. Diese zwey Oculare stehen sehr nahe bey einander,

und

und beyde hinter dem durch die Objectivlinse gestalteten Bilde A B. Ich sage, dieses Mikroscop werde bey einer starken Vergrößerung dennoch eines großen Feldes fähig seyn, welches sich sehr leicht erweisen läßt.

233. Die Vergrößerung ist um so viel stärker, je größer das Bild A B ist, und je mehr dieses durch das Ocular abermal vergrößeret wird. Nun kann man durch diese beyden Oculare zusammen fast eben die nämliche Vergrößerung erhalten, als durch eines von einem viel kleinern Focus; denn weil die von einem jeden Puncte des Bildes A B ausfahrenden Stralen durch zwey Gläser zweymal gebrochen werden, so werden sie durch diese zweyfache Brechung eben so geschwind unter einander parallel gemacht, als durch eine einfache stärkere Brechung durch ein kleineres Ocular: es werden zugleich die Achsen der äußersten Puncte A und B durch diese zweyfache Brechung eben so stark gegen einander gebogen, als durch eine einfache stärkere Brechung. Das Bild A B aber darf in dieser Einrichtung merklich größer seyn, als in der sonst gewöhnlichen. Denn damit in der sonst gewöhnlichen Einrichtung das Ocular zur Vergrößerung etwas merkliches beytrage, muß es von einem ziemlich kleinen Focus seyn. Aber eben darum bekömmt das Bild A B ziemlich enge Schranken, es darf nicht gar groß seyn; denn die äußersten Puncte eines zu großen Bildes würden schon merklich von dem Focus eines so kleinen Oculars abweichen, und eben darum würden die von einem jeden dieser äußern Puncte ausfahrenden Stralen durch die Brechung im Oculare nicht mehr unter einander parallel, und eben darum zum deutlichen Sehen nicht mehr tauglich seyn. Diese Undeutlichkeit zu vermeiden muß man sich mit einem noch ziemlich kleinen Bild, und folglich mit einer nicht gar zu starken Vergrößerung begnügen.

Wenn

Wenn im Gegentheile der Focus des Oculars groß ist, wie es in unserer gegenwärtigen Einrichtung geschieht, so werden zwar die äußersten Puncte dieses Bildes A B eine etwas größere Entfernung von dem Oculare D F haben, als die mittleren: allein dieser Unterschied wird in Ansehung eines Oculars von einem so großen Radius noch nicht beträchtlich seyn. Es werden also die von den äußersten Puncten des Bildes ausfahrenden Stralen bey nahe eben so gebrochen werden, wie jene, die von den mittlern Puncten herkommen: kurz es werden so wohl diese als jene nach der Brechung durch beyde Oculare können unter einander parallel, und zum deutlichen Sehen tauglich gemacht werden. Es ist also ein so eingerichtetes Mikroscop einer starken Vergrößerung fähig.

234. Das Feld eines Mikroscops hängt, wie wir §. 210 gesehen haben meistens von der Oeffnung des Ocularglases, oder von der Oeffnung der am Orte des Bildes A B gestellten Blendung ab. Nun ist offenbar, daß ein Ocular von einem größern Radius eine größere Oeffnung und eine weitere Blendung leidet, als ein anderes Ocular von einem kleinern Radius. Es ist also ein so eingerichtetes Mikroscop auch eines großen Feldes fähig.

235. Die zwey Oculargläser müßen, wie es für sich selbst klar ist, also gestellet werden, daß die von einem jeden Punete des Bildes A B ausfahrenden Stralen unter einander parallel gemacht werden. Wenn ihr nun fragen solltet, wie dieses zu erhalten sey, so merket folgendes. Stellet das erste Ocular D F in einer um etwas weniges, etwan um eine oder die andere Linie kleinern Entfernung vom Bilde A B, als seine halbe Focallänge beträgt. Wir wollen setzen, der Radius der Linse D F betrage 3 Zolle. Die

Fo-

Focallänge wird hiemit (§. 98) seyn = 32.727. Stellet nun dieses Ocular D F 15 Linien weit von dem Bilde AB. Wenn ihr durch Hilfe der Formel § 97 die Richtung der Stralen nach der Brechung im Glase D F suchet, so habet ihr d = 15 und r = 36. Hieraus entsteht $x = \frac{10\,d\,r}{11\,d - 10\,r}$

$= \frac{5400}{165 - 360} = \frac{5400}{-195} = -27.7$ bey nahe.

Die von einem jeden Puncte des Bildes A B ausfahrenden Stralen sind also nach der ersten Brechung im Glase D F noch divergent, aber so wenig, als wenn sie von einem 27.7 Linien weit entfernten Puncte herkämen. Wenn demnach der Radius des zweyten Oculars abermal 3 Zolle oder 36 Linien und folglich seine Focallänge wieder 32.727 Linien groß ist, so stellet selbes fünf Linien weit hinter dem ersten, so werden die Stralen also auf dasselbe fallen, als wenn sie von einem 32.7 Linien weit entfernten Puncte, das ist, als wenn sie aus dem Focus dieses Glases kämmen. Sie werden hiemit nach der zweyten Brechung parallel werden. Die Entfernung des zweyten Oculars von dem Bilde B A wird hiemit seyn 15 + 5 oder 20 Linien.

236. Wenn ihr die Vergrößerungskraft in einem solchen Mikroscope durch die Berechnung zu bestimmen verlanget, so kann es also geschehen. Die scheinbaren Größen der Objecte wachsen wie die Winkel, unter denen sie gesehen werden. (§. 178) Die Winkel aber verhalten sich umgekehrt wie die Seiten, denen sie entgegen gesetzt sind. (§. 171) Diese zween Grundsätze vorausgesetzet, könnet ihr also folgern. Der Winkel a e b oder der ihm gleiche D e F verhält sich zum Winkel, unter dem das Object dem blo-

ßen Auge erscheinen würde, wie 6 Zolle oder 72 Linien zu der Länge c e. Wenn wir also den Winkel, unter welchem das Object a b mit dem freyen Auge würde gesehen werden, x nennen, so haben wir diese Proportion:

$$D\,e\,F : x = 72 : c\,e.$$

Hiemit ist

$$D\,e\,F = \frac{72}{c\,e}.$$

Der Winkel D e F verhält sich zum Winkel D O F wie O G zu G e. Wir haben also diese Proportion

$$D\,e\,F \text{ oder } \frac{72}{c\,e} : D\,O\,F = O\,G : e\,G.$$

Hiemit ist

$$D\,O\,F = \frac{72 \times e\,G}{e\,c \times O\,G}.$$

Der Winkel D O F oder H O L verhält sich zum Winkel H I L wie I N zu O N. Wir haben also

$$D\,O\,F \text{ oder } \frac{72 \times e\,G}{e\,c \times O\,G} : H\,I\,L = I\,N : O\,N.$$

Hiemit ist

$$H\,I\,L = \frac{72 \times e\,G \times O\,N}{e\,c \times O\,G \times I\,N}.$$

Nun aber ist H I L der Winkel, unter welchem das Object a b im Mikroscope erscheinet: man kann also die Vergrößerungskraft zu bestimmen die Regel geben. Suchet durch Hilf der Formel $x = \frac{10\,d\,r}{11\,d - 10\,r}$ (§. 97) den Punct O, in welchem sich die divergierend auf das

erste Ocular D F fallenden Achsen D e und e F nach der Brechung in diesem ersten Glase vereinigen würden; von diesem O G ziehet N G die Entfernung beyder Oculargläser von einander ab, so bekommet ihr N O, das ist die Entfernung des Puncts O gegen welchem die besagten Stralen nach der ersten Brechung convergieren. Suchet ferner aus der Formel

(§. 10.) $x = \frac{10\,d\,r}{11\,d + 10\,r}$ den Punct l, oder den Abstand l N, in welchem sich eben diese Stralen nach der zweyten Brechung vereinigen. Ist nun alles dieses gefunden, so multiplicieret G e die Entfernung des ersten Oculars vom Objective durch N O, dieses Product multiplicieret noch einmal mit 72. Multiplicieret zweytens e c die Entfernung des Objects vom Objective durch O G, und dieses Product durch l N. Dividiret endlich das Product Ge × ON × 72 durch dieses letzte Product e c × O G × l N. Der Quotient giebt die Vergrößerungskraft. Lasset uns in einem Exempel die Anwendung machen.

237. Wir Wollen setzen, ihr habet ein folgender Gestalt eingerichtetes Mikroscop. Der Radius der beyderseits gleich convexen Objectivlinse sey 4 Linien: der Radius beyder Oculargläser 3 Zolle: die Entfernung des ersten Oculars von der Objectivlinse 7 Zolle: die Entfernung des zweyten Oculars von dem ersten 5 Linien.

Wenn ihr das Bild A B 15 Linien weit vor dem ersten Oculare entworfen haben wollet, so wird die Entfernung dieses Bildes von der Objectivlinse seyn 7 Zolle oder 84 Linien — 15, das ist 69 Linien = e C. Weil euch nun der Radius der Objectivlinse bekannt ist, so könnet

net ihr aus diesem und aus dem bekannten e C die Entfernung e c, die das Object von der Objectivlinse haben muß, finden. Ihr bekommet (§. 97) $d = \frac{10 r x}{11 x - 10 r} = \frac{2760}{759 - 40} = \frac{2760}{719} = 3.8387 = e c$. Um nun die Richtung der Achsen a A F und b B D nach der Brechung im ersten Oculare, oder was eines ist, den Punct $O = \frac{10 d r}{11 d - 10 r}$ zu finden, habet ihr in der Formel $x = \frac{10 d r}{11 d - 10 r}$ (§. 97) $d = e G = 84$ und $r = 36$. Hieraus entsteht $x = \frac{30240}{924 - 360} = \frac{30240}{564} = 53.617 = GO$.

Wenn ihr $N G = 5$ davon abziehet, so bleibt $N O = 48.617$. Um nun den Punct l zu finden, habet ihr in der Formel $x = \frac{10 d r}{11 d + 10 r}$ (§. 100) $d = 48.617$ und $r = 36$. Hieraus entsteht $x = \frac{17502.12}{894.787} - = 19.56$ bey nahe, $= N l$. Wenn ihr nun die oben angezeigten Proportete gestaltet, so bekommet ihr $\frac{72 \times e G \times O N}{e c \times O G \times l N} = \frac{72 \times 84 \times 48.617}{3.8387 \times 53.617 \times 19.56} = 73$ bey nahe.

Dieses Mikroscop würde also den Durchmesser des Objects 73mal vergrößern.

238. Anmerkung. Ihr könnet die Vergrößerungs-

kraft

Kraft eines solchen Mikroscops noch leichter auf folgende Art berechnen. Betrachtet die beyden Oculare DF und HL als eines von einem weit kleinern Focus: addieret nämlich die Entfernungen dieser beyden Oculare vom Bilde AB in eine Summe, dividieret sie mit 2, der Quotient wird die Focallänge jenes Oculars seyn, welches bey nahe eben so viel vergrößern würde als die zwey Oculare zusammen. Wenn ihr also 6 Zolle oder 72 Linien durch diese Focallänge dividieret, so habet ihr die Vergrößerungskraft des zusammengesetzten Oculars. Wenn ihr eC die Entfernung des Bildes von der Objectivlinse durch ec, das ist, durch die Entfernung des Objects von eben dieser Objectivlinse dividieret, so giebt der Quotient die Vergrößerung, die man durch die Objectivlinse erhält: Multiplicieret ihr diese beyden Vergrößerungen durch einander, so giebt das Product die Vergrößerungskraft des ganzen Mikroscops. In dem vorhergehenden Exempel §. 237 war die Entfernung des ersten Oculars DF vom Bilde AB gleich 15 Linien, die Entfernung des zweyten Oculars HL von eben diesem Bilde war 20 Linien: die Summe beyder dieser Entfernungen ist 35: dessen Hälfte ist 17.5. Wenn ihr nun 72 Linien durch 17.5 dividieret, so ist der Quotient 4.114: und dieses ist die Vergrößerungskraft des zusammen gesetzten Oculars. In eben diesem Exempel war eC = 69 und ec = 3.8387. Dividieret ihr jenes durch dieses, so ist der Quotient 17.9748 die Vergrößerung, die man durch die Objectivlinse allein erhält. Multiplicieret ihr endlich 4.114 durch 17.9748, so ist das Product 73.9 die Vergrößerungskraft des ganzen Mikroscops bey nahe wie oben.

239. Es ist noch übrig zu zeigen, wie man in diesem Mikroscope das Feld bestimmen kann. Suchet die Entfernung eC, in welcher sich nach der Brechung in der Objec-

ctivlinse das Bild A B gestaltet. Ist diese gefunden, so könnet ihr also folgern. Jene Puncte des Objects a b können auf einmal übersehen werden, derer Achsen, wenn sie hinter dem Bilde A B in ihrer vorigen Richtung fortfahren, noch auf die Oeffnung des ersten Oculars D F fallen. Weil nun D e F und A e B ähnliche Triangel sind, so habet ihr diese Proportion

$$DF : AB = Ge : Ce$$ folglich ist

$$AB = \frac{DF \times Ce}{Ge}$$ und dieses ist die Größe

des Bildes, welches auf einmal kann übersehen werden.

Ferner habet ihr A B oder $\frac{DF \times Ce}{Ge}$: a b = C e : c e

folglich ist $ab = \frac{DF \times Ce \times ce}{Ge \times Ce} = \frac{DF \times ce}{Ge}$

Man kann demnach die Größe des Feldes zu bestimmen diese Regel geben. **Multiplicieret die Oeffnung des ersten Oculars D F durch c e, das ist, durch die Entfernung des Objects von der Objectivlinse: das Product dividieret durch G e, das ist, durch die Entfernung des Oculars von dem Objective: der Quotient giebt die verlangte Größe des Feldes.**

240. Wir wollen in dem §. 237 gesetzten Exempel die Anwendung machen. Ihr habet schon §. 237 gefunden e c = 3.838: Ihr habet ferner e G = 84. Nun sey die Oeffnung des Oculars D F = 10 Linien. Ihr bekommet $\frac{DF \times ce}{Ge} = \frac{10 \times 3.838}{84} = 0.457$. Dieses Mikroscop hat also bey einer 73maligen Vergrößerung des Durchmes-

sers

sers noch fast eine halbe Linie Feld, welches man in einer andern Einrichtung kaum erhalten wird. Man muß sich auch nicht verwundern, daß ich in dieser Einrichtung einem dreyzolligen Oculare eine 10 Linien große Oeffnung gebe; denn weil in dieser Einrichtung das Ocular sehr nahe bey dem Bilde steht, und also die zu einem Puncte des Bildes A B gehörigen Stralen, da sie auf das Ocular fallen, noch gar nicht viel aus einander zerstreuet sind, sonder sehr nahe zusammen fallen, und überdas durch das zweyte Glas noch einmal gebrochen werden, so können sie der großen Oeffnung ohngeachtet dennoch noch genau genug unter einander parallel gemacht werden.

241. Anmerkung. Wenn an dem Orte des Bildes eine Blendung gestellet wird, so hängt die Größe des Feldes haubtsächlich von der Oeffnung dieser Blendung ab. Man muß also das Feld auf die Art, wie §. 225 ist beschrieben worden, berechnen. Man mißt nämlich die Oeffnung der Blendung, und dividieret sie durch jene Zahl, welche anzeigt, wie oft das Bild A B größer als das Object a b ist. Diese Zahl aber bekömmt man, wenn man e C durch e c dividieret.

242. Ich setze hier ein Tabelle bey, in welcher die Vergrößerungskraft des Durchmessers, der Oberfläche und des körperlichen Innhalts, und das Feld berechnet sind für ein Mikroscop, dessen sechs verschiedene Linsen folgende Radios haben: der Radius der schärfsten ist 2 Linien, der andern 4, der dritten 6, der vierten 8, der fünften 10, der sechsten 12. Die Entfernung des Objectivs von dem ersten Oculare ist 84 Linien oder 7 Zolle; die Entfernung des zweyten Oculars vom ersten beträgt 5 Linien: die Oeffnung der Oculären ist 10 Linien, ihr Radius 3 Zolle.

Radius	Vergrö ßerung des Durch- messers	der Ober- fläche.	des körper- lichen Inn- halts.	Feld.
Linie.	mal	mal	mal	Linie.
12.	22	484	10648	1.54
10.	27	729	19683	1.25
8.	34	1156	39304	0.967
6.	47	2209	103823	0.705
4.	73	5329	389017	0.46
2	150	22500	3375000	0.22

243. Neben der Weise die Vergrößerungskraft und das Feld eines Mikroscops durch die Berechnung zu bestimmen giebt es noch eine andere practische, durch welche die Vergrößerungskraft und das Feld eines zusammen gesetzten Mikroscops leicht und sicher kann gefunden werden. Zu dieser Absicht dienet ein so genannter Glasmikrometer, den der berühmte Mechanikus Herr Georg Friderich Brander mit solcher Kunst und Genauigkeit verfertiget, daß es ihm wohl keiner bevor, ja wenige gleich thun werden. Es besteht dieser Glasmikrometer in diesem. Eine nach Belieben angenommene Größe etwa eines halben Quadratzolles, wird durch sehr subtil in Glas eingeschnittene Parallellinien in sehr kleine und einander vollkommen gleiche Quadratchen eingetheilet: die Proportion dieser kleinen Quadratchen gegen dem ganzen ist willkürlich. Es kann der halbe Quadratzoll also eingetheilet werden, daß ein jedes kleines Qua-

drat-

dratchen den vierten, den 9ten, den 16ten, den 25ten, den 36ten u. s. f. Theil einer Quadratlinie ausmache. Ist nun die Eintheilung auf besagte Weise gemacht worden, so muß auch auf einen andern gläsernen Schieber V (Fig.XXVII.) ein und das andere Quadratchen von eben der nämlichen Größe eingeschnitten werden. Verlanget ihr nun die Vergrößerungskraft eines Mikroscops durch Hilf dieses Mikrometers zu bestimmen, so schiebet den Glasmikrometer Q (Fig.XXVII.) in das Rohr eures Mikroscops also ein, daß derselbe genau im Focus der Ocularlinse zu stehen komme, welches ihr daraus erkennet, wenn die eingeschnittenen Linien recht deutlich durch das Ocular gesehen werden. Leget ferner das auf dem Schieber eingeschnittene gleich große Quadratchen unter die Objectivlinse, und veränderet den Abstand dieser Linse vom besagten Quadrate so lang, bis ihr dieses deutlich sehet. Alsdenn merket, wie viel Quadratchen des Mikrometers ein Quadrat des Schiebers bedecke, oder einnehme. Eben diese Zahl der im Mikrometer eingenommenen Quadratchen zeiget, wie viel mal die Objectivlinse das Object vergrößere. Wir wollen setzen ein Quadrat des Schiebers nehme der Länge nach 12 Quadrate des Mikrometers ein, so vergrößeret die Objectivlinse 12mal den Durchmesser, und folglich die Oberfläche 144mal. Wenn ihr nun diese also gefundene Vergrößerungskraft der Objectivlinse mit der Vergrößerungskraft des Oculars (welche ihr leicht erfahren könnet, wenn ihr 72 Linien durch die Focallänge des Oculars dividieret) multiplicieret, so habet ihr die Vergrößerungskraft eures ganzen Mikroscops.

244. Das Feld eines Mikroscops wird durch Hilf eben dieses Glasmikrometers noch leichter bestimmet. Ihr dörfet nur den Schieber, auf dem ein dergleichen Quadratchen eingeschnitten ist, unter die Objectivlinse legen, und

genau betrachten, wie viele auf dem Schieber eingeschnittene Quadrate ihr auf einmal übersehen könnet: so wisset ihr also gleich das Feld.

245. Was bisher von der Vergrößerungskraft der Mikroscope ist gesagt worden, lehret uns zwar, um wie viel ein jedes Object größer im Mikroscope erscheinet, als es vom freyen Auge erscheinen würde. Wie groß aber das Object in der That ist, kann man hieraus nicht erkennen. Man muß diese wahre Größe des Objects zu finden eine schon bekannte Größe zum Grunde legen: diese und zugleich das Object, dessen Größe man bestimmen will, unter das Mikroscope legen, und die scheinbare Größe beyder mit einander vergleichen. Es kann dieses auf unterschiedliche Art geschehen. Der in Mikroscopischen Beobachtungen weltberühmte Herr Lewenhöck verfuhr also. Er legte in ein Tröpfchen eines flüßigen Wesens, dessen Salze oder auch Thierchen er betrachten wollte, ein Sandkörnlein. Er betrachtete erstlich das Sandkorn, alsdenn beobachtete er ein Thierchen, das gegen selbem schwamm. Als er eines mit dem andern verglich, schien ihm der Durchmesser des Sandkorns 12mal größer zu seyn als jener des Thierchens. Er schloß also, daß der Sandkorn seiner Oberfläche nach 12 × 12 oder 144mal, seinem körperlichen Innhalt nach 12 × 12 × 12 oder 1728mal größer sey, als das Thierchen. Er sah ferner in eben diesem Tröpflein andere noch kleinere Thierchen, und als er diese mit den vorigen größeren verglich, schien ihm der Durchmesser dieser zweyten Gattung viermal kleiner zu seyn, als der Durchmesser eines Thierleins der ersten Gattung: er schloß also, die Oberfläche eines solchen Thierchens sey 16mal, der körperliche Innhalt aber 64mal kleiner als bey einem der ersten Gattung, und folglich machen 1728 × 64 oder 110592 Thierchen von

die-

dieser zweyten Gattung erst einen Sandkorn aus. Endlich erblickte er in eben diesem Tröpfchen noch kleinere Thierlein, derer Durchmesser ihm 10mal kleiner schien, als der Durchmesser eines Thierleins der zweyten Gattung. Hieraus erkennete er, die Oberfläche eines solchen Thierchens sey 100mal, der körperliche Innhalt aber 1000mal kleiner als jener eines Thierleins der zweyten Gattung, und daß folglich 110592 × 1000 oder 110592000 Thierchen der kleinsten Gattung erst einem Sandkorn in ihrem körperlichen Innhalt gleich kommen.

246. Eine andere Manier beschreibet D. Jurin also: Nehmet den allerdinnesten Silberdrat, den ihr bekommen könnet, windet denselben vielmal um eine Nadel, und zwar so eng aneinander, daß ihr auch durch ein Vergrößerungsglase keine Zwischenräume sehen möget. Alsdenn messet mit einem Zirkel die von dem Drate bedeckte Länge der Nadel, bringet den Zirkel auf eine Diagonalscala von Zollen, oder auf einen Maaßstab, wo ein Zoll durch Transversallinien in viele Theile getheilet ist, und wenn ihr die Dratumgänge, die in dieser Länge enthalten sind, gezählet habet, so werdet ihr leicht die Dicke eines jeden Ganges erfahren. Wenn solches bekannt ist, so schneidet den umgewundenen Drat in einige ungleiche Stücke, und wenn ihr ein undurchsichtiges Object untersuchet, so leget von diesen Stücken eines darauf (wäre es aber durchscheinend, so leget es darunter) und vergleichet nach dem Augenmaaße die Theile des Objects mit diesen Dratgängen. So hat er beobachtet, daß vier Kügelchen Menschenbluts gemeiniglich die Breite eines Drates bedecken, den er $\frac{1}{485}$ Theil eines Zolles befunden, folglich der Durchmesser eines Kügelchens $\frac{1}{1940}$ Theil eines Zolles gewesen.

247.

247. Am allerleichtesten werdet ihr hierin zum Zwecke gereichen, wenn ihr euch abermal des oben beschriebenen Glasmikrometers bedienet. Leget euer Object unter das Mikroscop also, daß ihr es deutlich sehet, und beobachtet, wie viele Quadrate es der Länge, und wie viele es der Breite nach einnehme: diese Zahlen dividieret durch die schon vorhin bekannte Vergrößerungskraft der Objectivlise; Die Quotienten geben die Größe des Objects der Länge und der Breite nach in jenen Theilen, in welchen euer Mikrometer eingetheilet ist. Wir wollen setzen, euer Mikrometer sey also eingetheilet, daß eine Seite eines jeden Quadratchens den 5ten Theil einer Linie betrage; wir wollen ferner setzen, ihr hättet gefunden, euer Object erstrecke sich der Länge nach über 20 Quadrate, und der Breite nach über 8 Quadrate, und es sey vorhin bekannt, die Objectivlinse vergrößere 12mal. Dividieret nun 20 durch 12, der Quotient ist $\frac{20}{12}$, oder $1\frac{2}{3}$: dividieret ferner 8 durch 12, der Quotient ist $\frac{8}{12}$ oder $\frac{2}{3}$. Die Länge eures Objects beträgt also 1 und $\frac{2}{3}$ einer Seite der Quadrate, in welche euer Mikrometer eingetheilet ist: die Breite aber beträgt nur $\frac{2}{3}$ eben einer solchen Seite. Weil euch nun bekannt ist, eine solche Seite eines Quadrats sey der fünfte Theil einer Linie, so erkennet ihr die Länge eures Objects betrage $1\frac{2}{3} \times \frac{1}{5}$ oder $\frac{5}{3} \times \frac{1}{5}$ oder $\frac{5}{15}$ oder endlich $\frac{1}{3}$ einer Linie: die Breite aber betrage nur $\frac{2}{3} \times \frac{1}{5}$ oder $\frac{2}{15}$ einer Linie. Sollte das Object so ungemein klein seyn, daß es nicht einmal ein ganzes Quadrat auf dem Mikrometer einnähme, so werdet ihr durch die Schätzung leicht bestimmen können, ob es der Länge oder der Breite nach $\frac{1}{2}$ oder $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{4}$ eines Quadrats ausmache, und daraus die wahre Länge und Breite bestimmen können.

248. Nun ist noch übrig, daß ich die ganze Einrichtung eines doppelten Mikroscops nach allen seinen Theilen, wie es zum Gebrauche verfertiget wird, beschreibe: Es giebt zwar sehr verschiedene dergleichen Einrichtungen, ich begnüge mich aber zwey derselben, wie sie von dem Herrn Georg Frideric Brander zu Augsburg verfertiget werden, zu beschreiben, als welche sehr vollkommen, und zum Gebrauche überaus bequem sind.

Tab. V. Fig. 29 ist das ganze Mikroscop vorgestellet, wie es zum Gebrauche bey durchsichtigen Objecten fertig ist.

A ist der Körper oder das Mikroscop an sich selbst mit seinen dreyen Gläsern, nämlich der Objectivlinse, dem Collectiv und Ocularglase.

B Eine Anrichtung in Gestalt eines Winkelhackens, an welche das Mikroscop geschraubet, und festgemacht ist.

C Die viereckigte Stange, an welche diese Anrichtung samt dem Mikroscope gestecket ist, und woran sie nach Belieben auch nebst dem Stücke E auf und nieder geschoben werden kann.

D ist eine lange Schraube mit sehr engen Schraubengängen, durch welche dem Mikroscop eine sehr sanfte Bewegung gegeben werden kann. Hiebey ist zu merken, daß für ein jedes Objectivglas an der Stange C ein gewißes Zeichen sich findet, bey welchem man jedesmal nach Erfodern das Stück E fest stellet, und sodann die deutliche Vorstellung des Bildes durch Verwendung des Schraubens D zu erhalten suchet.

F ist eine Horizontaltafel, auf welche flache Sachen, dergleichen die Schieber ꝛc. sind, gelegt werden können, welche

che von der Zange G gehalten werden, die vermittelst ihrer Elasticität, wenn der Schieber dazwischen gebracht wird, sanft auf denselben drückt.

H ist ein Arm mit seiner besondern Anrichtung, durch welche die bey 1, 2, 3, 4, 5 verzeichnete Instrumente gesteckt werden können, und so beweglich sind, daß man ihnen eine beliebige Wendung und Stellung geben kann. Dieser Arm ist unter der Horizontaltafel F vermittelst eines Gewerbes angehänget.

I ist der untere Beleuchtungsspiegel, welcher so wohl horizontal als verticalbeweglich ist, damit man hiedurch das Himmels oder Sonnenlicht, oder auch das vorgesetzte Kerzenlicht genau auf das Object bringen kann. Dieser Spiegel ist von Glas. Ein gläserner Spiegel ist hier den metallenen weit vorzuziehen, weil er weit dauerhafter ist, indem er bey dem öftern Gebrauche seinen Glanz nicht so verliehrt, und anläuft.

K ist eine so genannte Loupe, oder beyderseits convex geschliffenes Glas, welche in die Tafel F eingesteckt wird, und so eingerichtet ist, daß man sie nicht nur höher oder niedriger setzen, sondern ihr auch eine verticale so wohl als horizontale Bewegung geben kann. Sie dienet dazu, daß man undurchsichtige Objecte entweder vermittelst des Sonnen- oder eines andern davor gestellten Lichtes beleuchten kann.

L ist ein silberner Concavspiegel, hinter welchem sich eine Linse von einem gleichen Focus befindet, und welcher anstatt einer gewöhnlichen Objectivlinse an das Mikroscop angeschraubet werden kann. Wenn dieser Concavspiegel unter sich gegen das Object sieht, so wird er die vom untern Spiegel I parallelzurückgeworfenen Stralen auffangen, und solche wieder zurück, auf das zu betrachtende undurchsichtige

Ob-

Object werfen, wodurch dan das Object sehr stark von oben erleuchtet wird.

M ist ein hohler inwendig schwarz angestrichener Conus truncatus mit einer kleinen Oeffnung, welcher in die Mitte der Tafel F eingesetzet wird, um dadurch die von dem untern Spiegel schief reflectierten Stralen abzuhalten, und nur die gerade auf das Object zurückgeworfenen durchzulassen. Mann bedienet sich aber dieses Stückes nur bey den scharfen Objectivlinsen, und wenn man sehr durchscheinende Objecte, dergleichen besonders die Thierchen in den Infusionen u. a. d. sind, betrachten will. Denn ohne diese Vorsicht würde man solche sehr durchsitige Gegenstände, die öfters nur wie ungefärbte Pünctlein erscheinen, gar nicht gewahr werden, weil sie ein sehr schwaches Licht, und parallel einfallende Stralen zu ihrer Beleuchtung nöthig haben. Doch hat man diesen Conum nicht nöthig, wenn man den Umlauf des Geblütes bey einem Frosch oder Fisch in dem gläsernen Rohr T betrachten will: sonder man legt nur auf den untern Spiegel I Aperturen von Chartenpapier, die verschiedene Oeffnungen nach Erfoderung der Objecte, die man betrachten will, haben. Wenn man zwey oder drey solcher Blendungen, die in der Mitte eine Oeffnung von 1 bis 3 Linien haben, besitzet, so ist man zu diesem Vorhaben genug versehen.

NNN sind Objectivlinsen von verschiedenen Focallängen, die man wechselweise an das Mikroscop schrauben kann, wenn man seine Objecte mehr oder weniger vergrößert sehen will. Die Anzahl derselben ist willkührlich: gemeiniglich sind derer 4 bis 6. Sie sind alle bezeichnet mit 1. 2. 3 ꝛc. und zwar so, daß das jenige, welches den längsten Focus hat, und zum wenigsten vergrößeret mit 1 bezeichnet

ist,

ist, das folgende mit 2 und so fort, bis auf das, welches zum stärksten vergrößert.

O ist ein Glasmikrometer, oder ein auf einem runden Planglas sehr zart und subtil verzeichnetes Gitter oder Netz, welches in den Focus des Ocularglases gestellet wird. Es finden sich bey einem solchen Mikroscop gemeiniglich zwey: eines dessen Quadratchen eine halbe Linie oder $\frac{5}{120}$ Theile eines königlicheu französischen Zolles, das andere aber, auf welchem die Quadrate $\frac{1}{120}$ oder einen Scrupel groß sind.

P ist eine Zange, womit man die kleinen Objecte fassen, und bequemmer zwischen die hohle Gläschen legen kann.

Q sind Schieber von hartem Holz, Bein ꝛc. Ein jeder solcher Schieber, derer gewöhnlich sechs sind, ist mit dreyen Löchern versehen, in welche Hohlgläschen und zwischen dieselbe die Objecte gelegt werden können, worauf sodann alles mit einem Ringe von Meßingdrath verschlossen und versperret wird. Diese Schieber werden hierauf zwischen die Tafel F und die obere Gabel oder Zange G gesteckt, und fest gehalten, wie in der Figur zu sehen ist.

R und S sind zween eben dergleichen Schieber, R ist von Glas, und dienet zu sehr durchsichtigen Objecten z. E. zu Flüßigkeiten, die darauf getröpfelt werden können. S aber ist von Holz zu undurchsichtigen Objecten, und ist mit einer Feder versehen, damit man mit derselben, allerley lebendige Thiere fest halten könne. Es hat dieser Schieber zwo Vertiefungen, wovon die eine ein schwarzes, die andere aber ein weißes eingelegtes Scheibchen hat. Jenes, das schwarze nämlich ist für weiße, dieses aber das weiße für schwarze Objecte bestimmet.

T ist ein gläserner Cylinder, in welchen man einen kleinen Fisch oder Frosch hineinschieben kann, wenn man den Umlauf des Geblütes in dessen Schwanz, Fuß, oder Floßen betrachten will. Wenn man aber diesen Endzweck erreichen will, so muß man die Floßfedern oder den Schwanz des Fisches an der innern Peripherie des Cylinders sorgfältig auszubreiten und mit derselben parallel zu machen suchen. Wenn dieses geschehen ist, so wird dieser Cylinder gleichwie die andern Schieber zwischen die Tafel F und die Zange G geschoben, und die Observation mit der Linse N. 3. oder 4 angestellet.

V ist eine Handloupe oder Vergrößerungsglas, die Objecte, welche man vorher zubereiten will, ehe man sie unter das Mikroscop bringet, zu untersuchen.

X ein Büchslein mit vorräthigen hohlen Gläschen und Drathringen zu den oben beschriebenen Schiebern.

Y ist ein Pinsel oder Bürste die Hohlgläschen vom Staube zu reinigen.

Alle diese Stücke liegen in einem saubern Kästlein oder Futeral, damit nicht nur alles vom Staube wohl bewahret, sonder auch bequem überall hin gebracht werden könne.

249. Die sechste Tabelle stellet eine andere Einrichtung eines zusammengesetzten Mikroscops für, welche der Weltberühmte Mechaniker Herr Georg Friderich Brander ersonnen hat, und samt allem Zugehör auf das feinste verfertiget. Es hat dieses Mikroscop diesen überaus beträchtlichen Vortheil, daß es nach Belieben als ein einfaches oder als ein zusammen gesetztes Mikroscop kann gebraucht werden, und zwar in beyden Fällen so wohl für durchsichtige

Spengler.

als undurchsichtige Objecte. Ja es kann auch als ein Sonnenmikroscop dienen. Ich will in Beschreibung der Theile dieses Mikroscops nicht weitläuftig seyn: weil aus der Zeichnung selbst das mehreste klar zu ersehen ist.

Bey dem Fußgestell F H I K ist nur dieses zu merken, daß das Stück E, an welchem der Körper des Mikroscops BB AA CC befestiget ist, in eine Gabel eingesteckt, und vermittelst einer Schraube also fest gemacht wird, daß wenn diese Schraube in etwas nachgelassen wird, dem ganzen Mikroscope eine solche Stellung gegeben werden kann, daß das bey D eingesetzte Converglas gerade zu gegen dem Himmels oder einem Kerzenlicht gewendet sey. Der Körper BB AA CC ist ein einfaches Willsonisches Mikroscop, wie solches §. 196 ist beschrieben worden: Es wird nämlich durch Verwendung der Schraube CC, der zwischen den zweyen meßingen Blättchen bey EE eingesteckte Schieber näher zu der bey G eingeschraubten Linse gebracht oder weiter von derselben entfernet so lang, bis das auf dem Schieber liegende Object dem bey G angelegten Auge deutlich erscheinet. Der Spiegel L, wenn ihm die gehörige Stellung gegeben wird, bringet das auf ihn gefallene Licht auf das bey D eingesetzte Glas, und von diesem wird es durch die Brechung enger zusammen, und alles auf das auf dem eingesteckten Schieber liegende durchsichtige Object gebracht. Und auf diese Art wird dieses Mikroscop als ein einfaches und für durchsichtige Objecte gebrauchet. Will man undurchsichtige Objecte durch ein einfaches Mikroscop betrachten, so schraubet man die Linse bey G herab: leget das meßingene Stück T auf den Körper des Mikroscops, und befestiget es darauf, indem man den Schrauben O durch das Loch M stecket, und eben dort, wo zuvor die Linse G gestanden war, einschraubet. In das andere

Loch

Loch N schraubet man eine Linse P: zwischen die zwey messingene Blätchen wird ein Stift Q gestecket, an welchem das zu betrachtende Object angespisset, oder daraufgelegt ist: dieser Stift wird so lang weiter aus oder eingeschoben, bis das Object gerad unter der Linse zu stehen kömmt. Ubrigens muß auch in dieser Einrichtung, durch Verwendung der Sraube CC das Object in den Focus der Linse gebracht werden. Weil nun das zu betrachtende undurchsichtige Object frey in der Luft steht, so wird es auf der gegen der Linse gekehrten Seite schon ziemlich erleuchtet seyn. Will man aber eine noch stärkere Erleuchtung haben, so schraubet man statt der Linse P eine andere in einem silbernen Spiegelein gefaßte R ein: man giebt dem Spiegel L, welcher bey S im Ring herum beweglich ist, eine solche Stellung, daß er gerad unter der in das Loch N eingeschraubten Linse zu stehen komme. Solcher Gestalt wird das Licht vom Spiegel L auf den Spiegel R, in welchem die Linse gefasset ist, geworfen: und weil dieser einerley Focus mit der Linse hat, so wird das Licht von ihm gesammelt, und alles auf die gegen der Linse gekehrte Seite des Objects geworfen: wodurch dann dieselbe sehr stark erleuchtet wird.

Will man dieses Mikroscop als ein zusammen gesetztes für durchsichtige Objecte gebrauchen, so nimmt man das Stück T wieder hinweg: schraubet bey G eine gemeine Linse P ein, und das Rohr V W X darüber. In diesem sind bey X sehr nahe bey einander zwey Oculargläser eingesetzt, auf die Art nämlich, welche §. 232 ist beschrieben worden. Bey W ist der Mikrometer Y also in das Rohr eingeschoben, daß das in Glas eingeschnittene Netzlein eben im Focus des doppelten Oculars stehe. Das oberste Rohr X kann um etwas weniges aus oder eingeschoben werden,

damit nämlich, wenn Personen von verschiedenen Augen ein Object betrachten wollen, das Netzlein einem jeden deutlich erscheinen möge.

Will man endlich dieses Mikroscop als ein zusammen gesetztes aber für undurchsichtige Objecte gebrauchen, so wird das Rohr V W X wie auch die Linse G abgeschraubet: das Stuck T auf den Körper des Mikroscops gelegt und mit dem Zapfen O befestiget. In das Loch N wird eine Linse P oder R ein- und das Rohr V W X darüber geschraubet. Im übrigen verfahret man wie bey dem einfachen Mikroscop für undurchsichtige Objecte ist gesagt worden.

Wie es als ein Sonnenmikroscop könne gebraucht werden, wollen wir unten sehen, da von diesem die Rede seyn wird.

Dritter Abschnitt.

Vom Sonnenmikroscope.

250. Dieses Mikroscop hat seinen Namen daher, weil es nur bey dem Sonnenschein gebraucht werden kann. Die Natur und wesentliche Beschaffenheit dieses Mikroscops ist sehr leicht zu begreifen.

Es sey Fig. XXVIII. Tab. IV. a b ein kleines stark von der Sonne erleuchtetes Object. Wenn dieses Object durchsichtig ist, und in einer solchen Entfernung von einer Linse e gestellet wird, welche grösser ist als derselben Focallänge, so werden alle durch den Punct a durchfahrende Sonnenstralen, welche auf die Linse e fallen, von derselben gebrochen sich wieder in einem Puncte irgendwo vereinigen. (§. 99) Eben dieses wird auch den durch den Punct b oder durch was immer für einen andern Punct des Ob-

jects

jects fahrenden Stralen wiederfahren. Es wird sich also irgendwo bey A B ein deutliches Bild des Objects a b entwerfen. Und wenn dieses Bild auf einer weißen Fläche aufgefangen, und all anderes fremdes Licht abgehalten wird, so muß es mit seinen Farben auf dieser weißen Wande groß lebhaft und deutlich erscheinen.

251. Die Größe, Deutlich- und Lebhaftigkeit des Bildes A B sind also jene drey Eigenschaften, welche man durch ein solches Mikroscop zuerhalten hat, und in je höherem Grade sie erhalten werden, desto besser ist das Mikroscop. Die Deutlichkeit des Bildes hängt von diesen zweyen Stücken ab. Die von einem Puncte a des Objects kommenden Stralen müssen genau wieder in einem Puncte A versammelt werden. Es muß also die Objetivlinse e wohlgeschliffen seyn, und eine ziemlich kleine Oeffnung haben. Zweytens die weiße Fläche, auf welcher das Bild aufgefangen wird, muß eben an dem Orte gestellet werden, wo diese Vereinigung der Stralen geschieht. Die Größe des Bildes hängt von der Entfernung desselben von der Objectivlinse ab. Denn es ist ja klar, daß die im Puncte e sich durchkreuzenden Achsen der von den äußersten Puncten a und b des Objects einfallenden Lichtkegeln immer weiter aus einander fahren, je mehr sie vom Objective sich entfernen, und daß folglich die Bilder A und B dieser äußersten Puncte, welche allezeit in diesen Achsen liegen, immer weiter von einander kommen, und hiemit das ganze Bild des Objects immer größer wird, je mehr die Entfernung von der Linse wächst. Die Klarheit des Bildes hängt von der Menge des Lichtes ab, mit welchem das Object a b erleuchtet wird, wie auch von der genauen Abhaltung alles fremden Lichtes von jener weißen Fläche, auf welcher das Bild aufgefangen wird.

252. Nun wollen wir sehen, wie die Maschine müsse eingerichtet werden, damit sich alles dieses füglich bewerkstelligen läßt. Erstens muß ein gegen Mittag gelegenes und hiemit der Sonne den ganzen Tag ausgesetztes Zimmer also verfinsteret werden, daß alles Licht davon ausgeschlossen werde. Allein in einem Fensterladen wird ein viereckigtes Loch eröffnet, in welches ein Brettlein AA Tab. VII. Fig. XXXI also eingesetzet wird, daß es genau darein passe, und kein Licht neben sich durchfahren lasse. In dessen Mitte ist eine runde Oeffnung, in welche ein Rohr C eingeschraubet wird. Bey S wird ein Converglas dareingesetzet, dessen Focallänge beyläufig einen Schuhe beträgt. Wenn nun dieses Glas von der Sonne beschienen wird, so werden alle auf dasselbe fallende Stralen durch die Brechung einen Lichtkegel gestalten, und in der Entfernung beyläufig eines Schuhes sich in einen physischen Punct vereinigen; da dann das Licht ziemlich stark und dicht seyn muß. Damit aber die Achse dieses Lichtkegels mitten durch das eingeschraubte Rohr gehe, so muß man den einfallenden Stralen eine auf das Glas perpendiculare Richtung geben. Dieses kann auf folgende Art geschehen. An eine Welle P wird mittels eines Scharniers ein Spiegel G, und dieser samt der Welle an das Brettlein angebracht. Um die Welle schlinget sich eine Saite, welche mit ihren beyden Enden an derselben befestiget ist. Weiter oben bey N befindet sich eine andere kleine Welle, um welche eben dieselbe Saite kreuzweise geschlungen wird. Wenn nun diese kleine Welle umgerieben wird, so drehet sich die große und zugleich mit ihr der Spiegel langsam im Ringe herum. Eben dieser Spiegel ist auch bey L vermittels eines meßingenen Stäbchens an eine Schraube H befestiget. Und wenn diese aus- oder eingeschraubet wird, so erhebet, oder senket sich der Spiegel.

Durch diese zweyfache Bewegung ist man im Stande dem Spiegel eine solche Stellung zu geben, daß die von ihm zurückgeworfenen Stralen perpendicular auf das bey S eingeschraubte Objectivglas fallen, und eben darum die Achse des Lichtkegels mitten durch das Rohr fährt. Wenn demnach ein Object unweit dem Vereinigunspuncte der Stralen gestellet wird, so wird es sehr stark erleuchtet seyn. Damit aber das Object in dieser Stellung fest bleibe, so wird eine meßingene Gabel M angebracht, welche den Schieber, auf dem das Object liegt, an das Brettlein Q andrückt, und durch ein Stellschrauben befestiget werden kann. Dieses Brettlein Q ist in der Mitte durchbohret, und mit einer Hohlschrauben versehen, damit es an das Rohr angeschrauhet werden kann. P ist ein Stück Meßing, in welches die mikroscopische Linse R eingeschraubet, und welches an das Stänglein O kann angestecket, und an demselben sanft hin und her geschoben werden. Wenn nun die Linse gegen dem Objecte hingerückt wird, so muß sich das Bild desselben zu gestalten anfangen: und dieses Bild wird immer weiter von der Maschine hinweg rücken, je näher die Linse gegen dem Objecte kömmt; bis es endlich, wenn das Object im Focus der Linse steht, erst im unendlichen sich gestaltet, das ist, gänzlich verschwindet. Dieses Bild wird durch eine weiße Wande oder Fläche aufgefangen, welche also bereitet werden kann. An einer hölzernen Rahme wird einer der größten weißen Regalbögen mit Pappe oder Nägeln befestiget: unten an der Rahme ist ein hölzerner Cylinder, welcher auf einem auf die Art eines Rohres durchbohrten Fuß muß auf und ab geschoben, und durch eine seitwärts angebrachte Schraube in beliebiger Höhe befestiget werden können. Wenn nun diese Wand in einer beliebigen Entfernung dem Mikroscope gerad gegen über gestellet ist, so rückt man die

mikroscopische Linse so lange sanft hin und her, bis die Vereinigung aller aus einem Puncte kommender Stralen eben auf derselben geschieht, welches man aus der Deutlichkeit des Bildes erkennen kann. Die zwey und dreyßigste Figur n.2 stellet ein Brettlein für, welches mit der Holzschraube F in dem Schlitz D angeschraubet wird, und dienet den Umlauf des Bluts in dem Messenterio oder in den dünnen Häuten der Füßen eines Frosches zu beobachten.

253. Nun muß ich noch einige Handgrife bey dem Gebrauche dieses Mikroscops zeigen. Die größte Beschwerniß bestehet darinn, daß man den Lichtkegel mitten in das Rohr bringe. Hiezu wird sehr dienlich seyn, wenn ihr also verfahret. Zu erst setzet das Brettlein samt dem angehängten Spiegel ganz allein und ohne Rohr in das hiezu bereitete Loch des Fensterladens. Drehet den Spiegel so lange mittels der oben beschriebenen Bewegung hin und her, bis ihr die Sonne im Spiegel sehet. Alsdenn schraubet das erste Rohr C mit dem Converglas in das Brettchen. Ihr werdet das Sonnenlicht irgendwo in diesem Rohr unten, oder oben, oder zur Seite erblicken. Gebet hierauf dem Spiegel noch eiue kleine Bewegung, bis dieses Licht von der Wande des Rohrs in die Mitte desselben gebracht wird, und an der entgegen gesetzten weißen Wande einen schön- rund- und hellen Krais entwirft. Habet ihr dieses erhalten, so stecket das zweyte Rohr samt der daran befestigten Gabel in das erste, doch ohne einen Schieber dazwischen zu thun, stecket die mikroscopische Linse ebenfalls an. Da wird es nun leicht seyn, durch eine noch sehr kleine Bewegung des Spiegels das Licht mitten auf die Oeffnung der Linse zu bringen. Endlich schiebet den Schieber, auf welchem das Object liegt, zwischen die Gabel, rücket das zweyte Rohr so lange sanft aus und ein, bis das Ob-

ject

ject fast im Focus der Collectivlinse steht, und also sehr stark erleuchtet wird. Wenn ihr lebendige Objecte betrachten wollet, so müßet ihr selbe nicht gar zu nahe zum Focus des Glases S bringen, weil sie sonst durch die große Hitze würden getödet werden. Eben dieses ist auch von jenen Objecten zu verstehen, welche in einer merklichen Hitze bald schmelzen oder verrauchen. Was die Stellung der weißen Wande betrift, so ist es besser, wenn man dieselbe nicht gar zu weit von dem Mikroscope stellet. Es wird zwar hiedurch das Bild um etwas kleiner, aber viel klärer und lebhafter; denn wenn das durch die mikroscopische Linse fahrende Licht in einen gar zu großen Raum muß ausgetheilet werden, so muß nothwendig ein obwohl großes doch sehr mattes Bild entstehen. Wenn das Bild auf der Wande schon ziemlich deutlich zu erscheinen anfängt, so ist es gut, daß man nicht mehr die Linse sonder die Wande selbst hin und her bewege, bis das Bild das deutlichste wird. Denn eine kleine Bewegung der Linse verändert die Entfernung des Bildes schon sehr viel, und wird also jene Entfernung, in welcher das deutlichste Bild entstehen würde, gar leicht übersprungen.

254. Es giebt noch eine andere Art eines Sonnenmikroscops, welche ich das erstemal bey schon wiederholtermalen angerühmten Herrn Georg Friderich Brander mit Vergnügen gesehen habe. Die Einrichtung ist diese. Von dem §. 238 beschriebenen und Tab. VI. entworfenen zusammen gesetzten Mikroscope werden die oberste zwey Rohr X, W, weggenommen (Wenn das Mikroscop ein Collectivglas hat, so muß es gleichfalls heraus genommen werden) und an derer Statt ein aus dünnen Brettlein zusammen gesetztes Kästlein a b c l m i n (Tab. VI.) vermittelst eines runden und hohlen Zapfens bey W eingestecket. Dieses Kästchen

hat 8 bis 9 Zolle in die Länge, und 3 bis 4 Zolle in die Breite. An dem obern Theile ist eine Seite i n l m offen, und diese Oeffnung wird durch ein matt geschliffenes Glas (welches hier durch das punctierte Rundel fürgestellet ist) geschlossen. Diesem matt geschliffenen Glase gegen über wird ein Planspiegel l b o n unter einem Winkel von 45 Gaden gestellet. Im Gebrauch dieses Mikroscops verfährt man also. Man stellet das also zugerichtete Mikroscop auf einen Tisch nahe bey einem Fenster also, daß der untere Spiegel L von der Sonne beschienen wird. Von diesem Spiegel, wenn man ihm die gehörige Stellung giebt, wird das Licht auf das bey D eingesetzte Converglas geworfen: von diesem durch die Brechung enger zusammen und auf das Object, welches auf dem eingesteckten Schieber liegt, gebracht. Es wird demnach das Object ziemlich stark erleuchtet seyn. Wenn nun das Object durchsichtig ist, und eine solche Entfernung von der bey G stehenden Objectivlinse hat, welche etwas größer als derselben Focallänge ist, so werden die durch einen jeden Punct desselben durchgefahrenen Stralen durch die Objectivlinse gebrochen sich irgendwo hinter derselben wieder in einem Puncte vereinigen, und also ein deutliche Abbildung des Objects gestalten. Weil aber diese Stralen vor ihrer Vereinigung auf den unter einem Winkel von 45 Graden inclinierten Planspiegel stossen, so werden sie von ihm auf die gegen überstehende Seite, welche mit dem mattgeschliffenen Glase geschlossen ist, geworfen. Es wird also eben auf diesem Glase, wenn es anderst die gehörige Entfernung von der Objectivlinse hat, ein deutliches Bild des auf dem Schieber liegenden Objects erscheinen. Weil nun diese mattgeschliffene Glastafel unbeweglich ist, und eine unveränderliche Entfernung von der Objectivlinse hat, so muß man vermittelst der Schraube

CC das auf dem Schieber liegende Object so lang näher zu der Objectivlinse bringen, oder von derselben entfernen, bis dessen Abbildung deutlich auf der matten Glastafel erscheinet. Damit diese Abbildung recht lebhaft werde, muß man sorgen, daß das fremde Licht, so viel möglich ist, von dem matten Glase abgehalten wird. Zu dieser Absicht dienet, wenn man ein anderes aus dünnen Brettlein zusammen gefügtes und innwendig schwarz angestrichenes Kästlein also über das vorige anstecket, daß es auf allen Seiten einige Zolle über das matte Glas herausschieße, und nur von vornen eine Oeffnung habe (Siehe die Figur) durch welche man das auf der Glastafel entworfene Bild betrachten kann.

Uebrigens ist für sich selbst klar, daß in dieser Gattung eines Sonnenmikroscops die Vergrößerung von der Entfernung des Bildes von der Objectivlinse abhange. Man darf nämlich nur die Entfernung des matten Glases von der Objectivlinse durch die Entfernung des Objects von eben dieser Objectivlinse dividieren, so giebt der Quotient die Vergrößerung des Objects nach einer Dimension: und wenn dieser Quotient zum Quadrate erhebet wird, so bekömmt man die Vergrößerung des Objects nach seiner Oberfläche. In dieser Berechnung ist aber zu merken, daß man die Entfernung des matten Glases von der Objectivlinse zu bekommen, erstens die Entfernung der Objectivlinse von dem Mittelpuncte des Spiegels messen, und zu dieser die Entfernung eben dieses Mittelpuncts des Spiegels von dem matten Glase addieren müsse.

Wir wollen zum Beyspiele setzen, der Radius der Objectivlinse betrage 6 Linien. Von der Objectivlinse bis zum Mittelpunct des Spiegels seyen 10 Zolle: von diesem Mit-

tel-

telpuncte des Spiegels bis zum matten Glase 2 Zolle. Wie viel wird dieses Mikroscop das Object vergrößern? Die Entfernung des matten Glases von der Objectivlinse wird seyn 10 + 2 oder 12 Zolle, oder 144 Linien. Es wird also das Bild 144 Linien weit hinter der Objectivlinse gestaltet. Weil euch dann über das der Radius der Objectivlinse bekannt ist, so könnet ihr durch Hilfe der Formel

(§. 97.) $x = \frac{10\,d\,r}{11\,d - 10\,r}$. Die Entfernung d, welche das Object von der Objectivlinse haben muß; berechnen.

Ihr findet $d = \frac{10\,r\,x}{11\,x - 10\,r} = \frac{8640}{1584 - 60} = \frac{8640}{1524}$

$= 5.669$. Wenn ihr nun 144 durch 5.669 dividieret, so ist der Quotient 25.4. Es wird also das Object nach einer jeden Dimension 25.4mal vergrößert auf dem matten Glase erscheinen: die ganze Oberfläche aber wird 25.4 × 25.4 oder 645mal vergrößeret. Wenn man eine Linse von einem kleinern Radius gebrauchen sollte, so würde auch die Vergrößerung stärker seyn.

Es ist freylich wahr, daß man in dieser Einrichtung das kleine Object nicht in einer so ungeheur vergrößerten Gestalt entwerfen kann, wie in der gemeinen Art. Unterdessen kann man doch jederzeit eine genugsame Vergrößerung erhalten auch die kleinsten Objecte, und so gar ihre Theile zu erkennen. Man hat dabey diesen Vortheil, daß das Bild weit lebhafter wird, als bey einer gar zu starken Vergrößerung. Zu dem hat diese Einrichtung jene vorzügliche Bequemlichkeit, daß man niemal nöthig hat, das Zimmer zu verfinstern, welches jederzeit verdrüßlich und mühesam ist.

255. **Anmerkung.** Ich habe oben, da von dem zusammen gesetzten Mikroscope die Rede war, gesagt, der Focus des bey D eingesetzten Glases müße bey nahe bis zu dem auf dem Schieber liegenden Objecte langen. Allein wenn die Maschine auch als ein Sonnenmikroscop dienen soll, so ist gut ja fast nothwendig, daß der Focus des Glases D bey nahe bis zu der bey G eingeschraubten Linse reiche; denn wenn der Focus eben bey dem auf dem Schieber liegenden Objecte wäre, so würden die Stralen von dort an wieder stark aus einander fahren, und folglich bey weitem nicht mehr alle, welche durch das Object durchgefahren sind, auf die kleine Oefnung der Linse treffen: es würde also das auf dem matten Glase entworfene Bild ziemlich schwach werden.

256. **Zweyte Anmerkung.** Bey dem wirklichen Gebrauche dieses Mikroscops ist gut, wenn man Anfangs die Maschine ohne einen Schieber einzustecken also in die Sonne stellet, daß der Spiegel L davon beschienen wird, hierauf wendet man diesen Spiegel L so lang hin und her, bis auf der matten Glastafel eine helle runde Scheibe erscheinet: alsdenn bleibt die Maschine und der Spiegel unverrücket: es wird ein Schieber durch die meßingene Blätchen bey EE geschoben, und durch Drehung der Schraube CC das Object in die gehörige Entfernung von der Linse gebracht.

Zweytes Capitel.

Von den Fernrohren und Telescopen.

257. Jene Instrumente, derer wir uns bedienen, weit entfernte Objecte deutlich zu sehen, werden Fernrohre oder Telescope genennet. Man kann von allen Fernrohren überhaupt sagen, ihre Absicht bestehe in diesen zween Puncten. Erstens daß man mittels eines Converglases oder eines Hohlspiegels ein deutlich und lebhaftes Bild des Objects gestalte. Zweytens daß man dieses Bild durch ein oder mehrere andere Gläser deutlich und vergrößert sehen möge. Es können also die Fernrohre füglich in zwo Haubtclassen abgetheilet werden. Einige bestehen aus lauter Gläsern und diese werden **Dioptrische Fernrohre**, oder mit einem Worte **Fernrohre** genennet: andere sind zum Theile aus Gläsern zum Theile aus Spiegeln zusammen gesetzet, und werden **Catadioptrische Fernrohre**, oder kurz **Telescope** genennet. Von jenen wollen wir im gegenwärtigen, von diesen im folgenden Abschnitte handeln.

Erster Abschnitt.

Von dioptrischen Fernrohren.

258. Es giebt dreyerley Gattungen. Das so genannte **Holländische**, das **Astronomische**, und das **Gemeine**, dessen wir uns die entfernte Gegenstände auf Erden zu betrachten gemeiniglich bedienen. Ich will eines nach dem andern beschreiben.

Vom

Vom Holländiſchen Fernrohre.

259. Dieſes beſteht aus einem convexen Objectiv, und einem concaven Oculare. Die Entfernung dieſer beyden Gläſer von einander muß dem Unterſchied ihrer Focallängen gleich ſeyn.

260. Es ſey Tab. VIII. Fig. XXXIV. M D N ein convexes Objectivglas. OB ein ſo weit entferntes Object, daß die von einem Puncte B deſſelben ausfahrenden und auf die Oeffnung des Objectivs fallenden Stralen als parallel können angeſehen werden. Dieſe Stralen werden durch dieſes Glas gebrochen alle gegen einem gewißen Puncte b zielen. Eben dieſes wird auch den vom Puncte O, oder von was immer für einem andern Puncte des Objects kommenden Stralen wiederfahren. Es würde alſo in der Entfernung des Focus ein deutliches Bild o b des Objects O B entworfen werden, wenn die Stralen nicht vor ihrer Vereinigung aufgefangen würden. Nun aber ſetze man ihnen, vor ſie ſich vereinigen, ein concaves Glas entgegen, und zwar in einer ſolchen Entfernung von jenem Bilde, welches ſie, wenn man ſie frey fortfahren ließ, geſtalten würden, die der Focallänge dieſes concaven Glaſes gleich iſt. Die von jedem Puncte des Objects convergierend auf dieſes Concavglas fallenden Stralen werden durch eine neue Brechung unter einander parallel gemacht, (§. 121.) und die vom Puncte B gekommenen werden eine mit C b parallele Richtung P Q, und die vom Puncte O ausgefloſſenen eine mit C o parallele Richtung K L bekommen. Wenn alſo ein hinter dieſem Glaſe geſtelltes Aug dieſe Stralen auffängt, ſo wird es das Object O B deutlich ſehen. (§. 185)

261. **Anmerkung.** Die von einem Punete etwan von B auf das Glas M N fallenden Stralen können in der Figur,

gur, wegen dem engen Raume nicht wohl als parallel vorgeſtellet werden. Man muß ſich aber ſolche als parallel einbilden, wie ſie dann wirklich, da man ein weit entlegenes Object betrachtet, ſehr nahe parallel ſind. Denn wenn ihr den Punct O etwan 2 bis 3 Tauſend Schuhe entfernet, die Oeffnung M N aber etwan 10 Linien groß annehmet, und wenn ihr alsdenn aus den bekannten dreyen Seiten B N, B M und M N den Winkel MBN, den die äußerſten auf das Objectiv fallenden Stralen machen, berechnet, ſo werdet ihr ihn ſo klein finden, daß er billig kann verachtet, und die Stralen BM, BN als parallel angeſehen werden.

262. Das Object O B muß durch ein ſolches Fernrohr ſehr klar und lebhaft erſcheinen; denn weil dem Objectivglaſe eine weit größere Oeffnung kann gegeben werden, als die Oeffnung des Augapfels bey einem Menſchen iſt, ſo fallen unvergleichlich mehrere Stralen von einem jeden Puncte des Objects z. E. von dem Puncte B auf das Objectiv, als in das freye Aug fallen würden. Dieſe Stralen werden durch das Objectiv gegen einander gebrochen, und bey P, da ſie ſchon ſehr nahe bey einander ſind, werden ſie unter einander parallel, und fahren alſo in großer Menge in das Aug, in welchem ſie eine ſehr lebhafte Empfindung herfürbringen müßen.

Das Object O B muß in dieſem Fernrohre aufrecht erſcheinen; denn man ſieht den im Objecte oben liegenden Punct O nach der Richtung LK, das iſt, oben, den unten liegenden Punct B nach der Richtung Q P oder unten.

Das Object O B mus in dieſem Fernrohre um ſo viel größer als vom freyen Auge erſcheinen, um ſo viel der Focus des Objectivs den Focus des Oculars übertrift. Denn vom freyen Auge würde das Object O B unter dem Winkel

kel BDO, oder unter dem ihm gleichen o D b erſcheinen: durch dieſes Fernrohr aber erſcheinet es unter dem Winkel LSQ oder unter dem ihm gleichen oCb. Nun aber verhält ſich der Winkel oDb zum Winkel oCb wie C r zu D r, das iſt wie die Focallänge des Oculars zur Focallänge des Objectivs. Man kann alſo die Vergrößerungskraft eines ſolchen Fernrohres zu beſtimmen dieſe Regel geben. **Dividiret die Focallänge des Objectivs durch die Focallänge des Oculars, der Quotient giebt die Vergrößerung.** Z. E. Es ſey die Focallänge des Objectivs 3 Schuhe oder 36 Zolle: die Focallänge des Oculars 2 Zolle. Wie ſtark iſt die Vergrößerung? Ich antworte: das Fernrohr vergrößert den Durchmeſſer des Objects 18 mal; denn $\frac{36}{2} = 18$.

263. Es ſcheinet alſo dieſe Gattung der Fernrohre alle Vortheile zu haben, die man von einem Fernrohre erwarten kann. Unterdeſſen iſt es heut zu Tage faſt gar nicht mehr im Gebrauche; und dieſes wegen einem einzigen Fehler, dem es unterworfen iſt. Es hat nämlich ein ſolches Fernrohr, wenn es anderſt viel vergrößern ſoll, ein ſehr kleines Feld. Dieſes zu begreifen braucht es faſt nichts anders als die XXXV. Figur zu betrachten. Die Linien Aa, Bb ſtellen die Achſen der von den äußerſten Puncten des Objects, welches auf einmal mag überſehen werden, kommenden Lichtkegeln für. Dieſe Achſen durchſchneiden ſich im Mittelpuncte des Objectivglaſes, alsdenn fahren ſie immer weiter aus einander; durch das Ocular werden ſie durch eine neue Brechung noch weiter aus einander; getrieben. Wenn alſo ein Aug gleich hinter dem Oculare ſteht, ſo können dennoch keine andere Stralen

Spengler.

len in dasselbe kommen, als jene, welche, da sie auf das Ocular fallen, noch nicht weiter von einander sind, als die Oeffnung des Augapfels beträgt. Wenn wir also setzen b a sey gleich der Oeffnung des Augapfels, so kann nur jenes auf einmal gesehen werden, was in dem Winkel ACB oder aCb liegt. Nun aber ist klar, daß dieser Winkel immer kleiner seyn wird, je größer Cc die Differenz der Focallängen, das ist, je stärker die Vergrößerung ist.

264. Wenn ihr die Größe des Feldes in einem solchen Fernrohre zu bestimmen verlanget, so därfet ihr nur im Triangel bCa, in welchem euch alle drey Seiten bekannt sind, nämlich bC und aC die Differenz der Focallängen, und ba die Oeffnung des Augapfels in dem Auge eines Menschen, den Winkel aCb suchen. Dieses kann füglich also geschehen.

Nehmet die halbe Oeffnung des Augapfels oder halb ab: suchet dessen Logarithmus: nehmet das Arithmetische Complement des Logarithmus von aC: addieret beyde in eine Summe: sie ist der Logarithmus Sinus des halben Winkels aCb.

265. Anmerkung: Das Arithmetische Complement was immer für eines Logarithmus bekömmt man, wenn man eben diesen Logarithmus von 10.000000 abziehet.

Exempel.

266. Wir wollen setzen, das Objectivglas habe 12 Zolle im Focus, das Ocular einen Zoll. Wie groß ist das Feld dieses Fernrohres?

Weil die Oeffnung des Augapfels nicht beständig ist, sonder auch im nämlichen Auge sich immer änderet, indem

das-

daſſelbe bey einem ſtarken Licht ſich zuſammen ziehet, bey einem ſchwachen aber erweiteret, ſo kann die Größe dieſer Oeffnung ſo genau nicht beſtimmet werden. Wir wollen annehmen, ſie betrage 1.2, das iſt 1 Linie und zwey Decimal einer Linie, oder 14.4 Puncte. Wir haben alſo (Fig. 35.)

aC = 11 Zolle = 132 Linien = 1584 Puncten.
a b 14.4 Puncten.
halb a b = 7.2 Puncten. Deſſen Logarithm. 0.857332
aC = 1584. Deſſen Logarithm. 3.199755
Deſſen Arithmetiſches Complement 6.800245
Summe 7.657577 = 15'.40"
Deſſen doppeltes 31'.20" das verlangte Feld.

Zweytes Exempel.

Es ſey der Focus des Objectivs 3 Schuhe oder 36 Zolle: der Focus des concaven Oculars 2 Zolle oder 24 Linien. Wie groß iſt das Feld?

aC=36—2=34 Zoll =408 Linien =4896 Puncten.
ab=1.2 Linien =14.4 Puncten.
halb ab=7.2
Logarithmus von aC=3.689841
Deſſen Arithm. Compl.6.310159
Logarith. von halb a b 0.857332
Die Summe 7.167491
Das halbe Feld 5'
Das ganze Feld 10'.

Anmerkung. Aus dieſem letzten Exempel ſehet ihr, daß wenn die Vergrößerungskraft in derley Fernrohren an-

fängt beträchtlich zu werden, das Feld sehr klein zu werden anfange. Und dieses ist die Ursache, warum man selten dergleichen Fernrohre machet, welche länger als ein oder höchstens anderhalb Schuhe sind.

Von dem Astronomischen Fernrohre.

267. Dieses Fernrohr besteht aus einem convexen Objective und einem gleichfalls convexen Ocularglase. Sie müssen also gestellet werden, daß die Achsen beyder Gläser in einer geraden Linie liegen, und ihre Entfernung von einander der Summe der Focallängen gleich ist.

Es sey DE Fig. XXXVI. ein convexes Objectivglas, AB ein Object, welches so weit vom Objective entfernet ist, daß die von einem jeden Puncte desselben auf das ganze Objectiv fallenden Stralen für parallel können gehalten werden. Alle vom Puncte A auf das Objectiv fallende Stralen werden durch die Brechung also gegen einander gebogen werden, daß sie sich mit ihrer Achse in einem Puncte a, nämlich in der Entfernung der Focallänge wieder vereinigen. Die vom Puncte B ausfahrenden Stralen werden sich auf gleiche Weise in b versammeln, und weil eben dieses von allen, von was immer für einem Puncte des Objects ausfahrenden Stralen wahr ist, so muß in ab ein deutliches Bild des ganzen Objects AB entworfen werden.

Die vom Puncte A gekommenen Stralen fahren, nachdem sie sich in a durchkreuzet haben, wieder aus einander und in ihrer vorigen Richtung fort. Wenn nun ihnen ein anderes Convexglas also entgegen gesetzet wird, daß die Entfernung desselben von dem Bilde dem Focus dieses Glases gleich ist, so werden sie alle einwärts gebogen, doch so, daß sie unter einander parallel werden, und die Richtung

HI, welche mit der Achſe a f parallel iſt, bekommen. Ein gleiches geſchieht mit den aus B oder aus was immer für einem andern Puncte ausgefloſſenen Stralen: ſie werden alle unter einander parallel, ſie werden zugleich alſo einwärts gebogen, daß ſie eine mit ihrer Achſe parallel laufende Richtung G I bekommen. Wenn alſo das Aug in I geſtellet wird, ſo fahren die von einem jeden Puncte des Objects kommenden Stralen unter einander parallel und in großer Menge in das Aug.

268. Ein gutes in I geſtelltes Aug muß alſo das Object A B deutlich ſehen. Denn wenn die von einem jeden Puncte kommenden Stralen unter einander parallel ſind, ſo entſteht in einem guten Auge ein deutliches ſehen.

Es muß zweytens das Object verkehrt ſehen; den der obere Punct A wird nach der Richtung IH, oder unten, der untere Punct B aber nach der Richtung I G, das iſt, oben geſehen.

Es muß drittens das Object viel größer als mit freyem Auge ſehen; denn dem freyen Auge würde das Object AB Fig. XXXVII unter dem Winkel ACB, oder unter dem ihm gleichen Winkel bCa erſcheinen. Nun aber im Fernrohre erſcheinet es unter dem Winkel GIH, oder unter dem ihm gleichen b f a. Nun aber iſt der Winkel b f a um ſo viel größer als der Winkel bCa, um ſo viel die Linie C m die Linie f m übertrift.

269. Hieraus fließt unmittelbar eine leichte Weiſe die Vergrößerungskraft eines ſolchen Fernrohres zu berechnen. Man muß nämlich die Focallänge des Objectivs durch die Focallänge des Oculars dividieren, der Quotient zeigt an, um wie oft der Durchmeſſer des Objects durch das Fernrohr größer erſcheinet,

als er dem freyen Auge erſcheinen würde. Es ſey z. E. der Focus des Objectivglaſes 3 Schuhe, der Focus des Oculars 2 Zolle. Wie viel wird dieſes Fernrohr den Durchmeſſer des Objects vergrößeren? Ich antworte 18mal; denn wenn ihr 3 Schuhe oder 36 Zolle durch 2 dividieret, ſo entſteht der Quotient 18.

270. Weil ferner die Entfernung des Objects abzunehmen ſcheinet, wie der Durchmeſſer deſſelben zu wachſen ſcheinet, (§. 180.) ſo wird uns ein durch dieſes Fernrohr betrachtetes Object 18mal näher zu ſeyn ſcheinen, als wenn wir es mit freyen Augen anſähen.

271. Das Feld eines ſolchen Fernrohres kann alſo beſtimmet werden. Wenn (Fig. XXXVII.) a und b die äußerſten Puncte des Bildes ſind, aus denen die in ihrer vorigen Richtung fortfahrenden Stralen noch auf das Ocular, oder, wenn dieſes in etwas zugedecket iſt, auf die Oeffnung deſſelben fallen, ſo muß AB der Durchmeſſer des ganzen Feldes ſeyn, welches auf einmal mag überſehen werden. Ihr müſſet alſo den Winkel ACB oder den ihm gleichen GCH berechnen. Wenn euch die Focallänge beyder Gläſer, und über das die Oeffnung des Oculars bekannt ſind, ſo habet ihr alles, was zur Berechnung dieſes Winkels erfodert wird. Denn im Triangel GCH ſind die Seiten GC und HC der Summe beyder Focallängen, und der Baſis GH der Oeffnung des Oculars gleich. Ihr könnet alſo aus den dreyen bekannten Seiten den Winkel GCH berechnen eben auf die Art, wie §. 263. iſt vorgeſchrieben worden. Ihr müſſet nämlich alſo verfahren.

Nehmet die halbe Oeffnung des Oculars, oder halb GH, ſuchet deſſen Logarithmus: nehmet das Arithmetiſche Complement des Logarithmus von GC: addieret beyde in

eine Summe, ſie iſt der Logarithmus Sinus der Hälfte des Winkels GCH, oder der Hälfte des Feldes.

Exempel.

272. Es ſey die Focallänge des Objectivs 3 Schuhe, des Oculars 2 Zolle: die Oeffnung des Oculars betrage 7 Linien. Wie groß wird das Feld ſeyn?

CG=Cb+bG=36+2=38 Zoll =456 Linien.

Deſſen Logarithmus . . .	2.658965
Deſſen arithmetiſches Complement . .	7.341035
halb GH=3,5 Linien.	
Deſſen Logarithmus	0.544068
Summe	7.885103
Die Hälfte des Feldes . . .	26'.24" bey nahe
Das ganze Feld. . . .	52'.48"

273. Anmerkung. Man pflegt an dem Orte des Bildes ab eine Blendung mit einer proportionirten Oeffnung zu ſtellen, damit dadurch das Bild begränzet und jene äußeren Theile deſſelben, welche nicht mehr genau genug im Focus des Ocularglaſes ſtehen würden, ausgeſchloſſen werden, welches dann zur Deutlichkeit des Sehens vieles beyträgt. Nun ſieht aber ein jeder leicht ſelbſt ein, daß die größe des Feldes haubtſächlich von der Oeffnung dieſer Blendung abhängt. Man muß alſo in dieſem Falle das Feld des Fernrohres aus der Größe dieſer Oeffnung berechnen. Uebrigens iſt die ganze Art der Berechnung mit jener, die im vorhergehenden §. iſt beſchrieben worden, die nämliche mit dieſem einzigen Unterſchiede, daß man anſtatt der Linien CG, CH und HG die Linien Cb, Ca und ab, das iſt anſtatt der Summe der Focallängen, die Focallänge des Ob-

jectivs allein, und anstatt der Oeffnung des Oculars die Oeffnung der Blendung in die Rechnung nehmen muß.

274. Ihr sehet aus diesem, daß ein solches Fernrohr ein weit größeres Feld hat, als ein Holländisches von gleicher Vergrößerungskraft, weil dem Oculare eine weit größere Oeffnung kann gelassen werden, als jene des Augapfels eines Menschen ist. Ihr sehet zweytens, daß das Feld immer größer wird, je eine größere Oeffnung man dem Oculare oder der am Orte des Bildes gestellten Blendung giebt. Unterdessen darf diese Oeffnung nicht nach Belieben erweiteret werden, weil hieraus ein anderer sehr beträchtlicher Fehler entspringen würde, wie wir bald erklären werden. Ihr sehet drittens, daß obwohl diese Fernrohre zu Betrachtung der Gegenstände auf Erden ziemlich unbequem sind, sie doch zu Betrachtung der Gestirne sehr gute Dienste thun. Denn obwohl die Verkehrung der Gegenstände auf der Erde eine Verwirrung verursachet, so schadet diese verkehrte Vorstellung bey den Gestirnen, welche fast alle rund erscheinen, gar nichts; indem es ja ein Ding ist, welcher Theil einer Cirkelfläche oben, welcher unten gesehen wird.

Von dem gemeinen Fernrohre.

275. Ein solches Fernrohr besteht aus vier Gläsern, nämlich aus einem convexen Objectiv-, und dreyen gleichfals convexen Oculargläsern. Sie müßen also gestellet werden, daß alle ihre Achsen in einer geraden Linie liegen. Die Entfernung jeder zweyen Gläsern von einander muß der Summe ihrer Focallängen gleich seyn. Man pflegt gemeiniglich drey Oculare von einerley Focus zu gebrauchen, obwohl dieses nicht unumgänglich nothwendig ist.

276. Es sey Fig. XXXVIII. DE ein convexes Objectiv

ctiv: AB ein so weit entferntes Object, daß alle aus einem Puncte z. E. aus A auf das Objectivglas fallende Stralen AD und AC &c. als parallel unter einander können angesehen werden. Der aus A auf den Mittelpunct des Objectivs C fallende Stral wird ungebrochen durch selbes durchfahren (§. 18.) alle übrige aus A auf das ganze Objectiv fallende Stralen, als z. E. AD, werden durch die Brechung gebogen, sich mit ihrer Achse in einem Puncte a in der Entfernung des Focus vereinigen. Es wird also in a ein deutliches Bild des Puncts A entworfen werden. Eben so fährt der Stral BC ungebrochen durch. Die übrigen aus B auf das Objectiv fallenden Stralen vereinigen sich mit ihm im Puncte b, und entsteht also in b ein deutliches Bild des Puncts B. Weil nun ein jeder Punct des ganzen Objects AB gleicher Gestalt in einem Puncte der Linie ab abgebildet wird, so muß ab ein deutliches Bild des ganzen Objects AB seyn.

Nachdem alle von A gekommene Stralen sich in a durchkreuzet haben, fahren sie in ihrer vorigen Richtung wieder aus einander. Es kann demnach ab als ein stralendes Object angesehen werden. Wenn nun diesem Objecte ein Converglas in der Entfernung seiner Focallänge entgegen gesetzet wird, so müssen alle aus a auf selbes fallende Stralen unter einander parallel werden, und die Richtung ihrer Achse ac bekommen. Eben so müssen die aus b auf selbes fallenden Stralen unter einander und mit ihrer Achse bc parallel werden. Eben dieses gielt auch von allen aus was immer für einem Puncte des Bildes ab ausfahrenden Stralen. Fängt man diese Stralen durch ein drittes Converglas IH auf, so werden die aus einem Puncte z. E. aus a gekommenen und nunmehr parallel gewordenen Stralen wieder in einem Puncte α in der Entfernung der Focallän-

ge vereiniget. Eben so vereinigen sich die aus b gekommene Stralen abermal in β. Es entsteht also in $\alpha\beta$ ein zweytes Bild des Objects AB.

Setzet man diesem Bilde ein viertes Glas KL in der Entfernung seiner Focallänge entgegen, so werden die zu einem jeden Puncte gehörigen Stralen unter einander und mit ihrer Achse parallel (§. 99.) z.E. die von α gekommenen Stralen werden unter einander parallel und bekommen eine mit α n parallele Richtung: die aus β ausfahrenden werden unter einander und mit ihrer Achse β n parallel.

Wenn demnach ein gutes Aug in O steht, so empfängt es von allen Puncten des Objects A B parallel einfallende Stralen.

277. Durch ein solches Fernrohr muß ein gutes Aug das Object deutlich sehen; denn in einem guten Auge entsteht ein deutliches Sehen, wenn die von einem jeden Puncte des Objects kommenden Stralen unter einander parallel in selbes fallen.

Es muß zweytens das Object aufrecht sehen; denn der oben liegende Punct A wird nach der Richtung O K, das ist oben, der unten liegende Punct B aber nach der Richtung O L das ist, unten gesehen.

Es muß drittens das Object größer sehen, als es ohne Fernrohr geschehen würde. Denn ohne Fernrohr würde das Object AB unter dem Winkel ACB Fig. XXXIX. oder aCb erscheinen; durch das Fernrohr aber erscheinet es unter dem Winkel KOL. Nun aber ist dieser letzte unstrittig größer als der erste.

278. Den Grad der Vergrößerung zu bestimmen könnet ihr also folgern. Vom freyen Auge würde das Object

AB

AB unter dem Winkel ACB, (Fig. 39.) oder unter dem ihm gleichen aCb erſcheinen: im Fernrohre erſcheinet es unter dem Winkel LOK. Nun verhält ſich der Winkel aCb zum Winkel apb wie pr zu Cr (§. 171.) Wenn wir alſo den Winkel aCb mit 1 benennen, ſo haben wir folgende Proportion.

$$1 : apb :: rp : rC$$

folglich iſt $apb = \frac{rC}{rp}$.

Der Winkel apb iſt jederzeit gleich dem Winkel GqF, weil Gq parallel mit b p und F q parallel mit a p. Der Winkel GqF iſt immer gleich dem Winkel IqH, wie für ſich ſelbſt klar iſt: dieſer endlich iſt gleich β m α, weil m β parallel mit qH, und m α parallel mit q I. Es iſt alſo apb gleich dem Winkel α m β. Nun verhält ſich α m β zu α n β wie S n zu S m. Wenn wir alſo anſtatt α m β den ihm gleichen Winkel apb, oder vielmehr deſſen oben gefundenen Werth $\frac{rC}{rp}$ ſetzen, ſo haben wir folgende Proportion:

$$\frac{rC}{rp} : \alpha\ n\ \beta :: S\ n : S\ m$$

folglich iſt $\alpha\ n\ \beta = \frac{r\,C \times S\,m}{r\,p \times S\,n}$

Der Winkel α n β iſt jederzeit gleich dem Winkel LOK, weil LO parallel mit β n und K O parallel mit α n.

folglich iſt auch $LOK = \frac{r\,C \times m\,S}{r\,p \times S\,n}$.

279. Man kann demnach die Vergrößerungskraft eines solchen Fernrohres zu bestimmen folgende Regel geben. Multipliciret die Focallänge des Objectivglases durch die Focallänge des mittleren Oculars : Multiplicieret ferner die Focallänge des nächst beym Objectiv stehenden Oculars durch die Focallänge des letzten . dividieret das erste Product durch das zweyte : der Quotient giebt die Vergrößerung des Durchmessers.

280. Wenn alle drey Oculare einerley Focus haben, so ist $m S = r p$ oder auch gleich $S n$. Es verändert sich also die oben gefundene Formel in diese einfachere $LOK = \frac{rC}{rp}$: oder auch in diese $LOK = \frac{rC}{Sn}$.

Die eben gegebene Regel wird hiemit in diese veränderet. Wenn alle drey Oculare die nämliche Focallänge haben, so dividieret den Focus des Objectivs durch den Focus der Ocularen.

281. Hat das mittlere Ocular den nämlichen Focus mit dem ersten, das dritte LK aber einen größern oder kleinern, so ist $m S = p r$ die allgemeine Formel veränderet sich also in diese

$$LOK = \frac{rC}{mS}$$

Hat das zweyte und dritte Ocular einen gleichen Focus, das erste GF aber einen größern oder kleinern, so ist $m S = n S$, und die allgemeine Formel veränderet sich in diese

$$KOL = \frac{rC}{rp}.$$

Die

Die Regel wird hiemit diese seyn, Wenn das mittlere Ocular den nämlichen Focus mit einem aus den zween andern hat, so dividieret den Focus des Objectivs durch den Focus jenes Oculars, welches in Ansehung der zweyen andern einen ungleichen Focus hat.

Exempel.

Es sey der Focus des Objectivs 3 Schuhe oder 36 Zolle. Der Focus aller Ocularen zween Zolle. Wie stark ist die Vergrößerung?

Ihr habet Cr = 36

rp = 2

folglich ist $LOK = \frac{rC}{rp} = \frac{36}{2} = 18$ die Vergrößerung.

Zweytes Exempel.

Es sey der Focus des Objectivs 3 Schuhe oder 36 Zolle des ersten und zweyten 2 Zolle, des dritten, oder nächsten beym Auge $1\frac{1}{2}$ Zoll. Wie stark ist die Vergrößerung?

Ihr habet $\begin{cases} rC = 36 \\ nS = 1.5 \end{cases}$

folglich ist $LOK = \frac{rC}{nS} = \frac{36}{1.5} = 24.$

Drittes Exempel.

Es sey der Focus des Objectivs 3 Schuhe oder 36. Zolle. Der Focus des ersten Oculars drey Zolle, der übrigen zween Zolle. Wie stark ist die Vergrößerung.?

Ihr

Ihr habet $\begin{cases} rC = 36 \\ rp = 3 \end{cases}$

folglich ist $KOL = \frac{rC}{rp} = \frac{36}{3} = 12.$

Viertes Exempel.

Es sey der Focus des Objectivs 36 Zölle, des ersten Oculars drey Zolle, des zweyten zween Zolle, des dritten $1\frac{1}{2}$ Zoll. Wie stark ist die Vergrößerung?

$rC = 36$

$rp = 3$

$mS = 2$

$nS = 1.5$

folglich ist $KOL = \frac{rC \times mS}{rp \times nS} = \frac{36 \times 2}{3 \times 1.5} = 16$

282. Anmerkung. Der Werth eines jeden Bruchs ist um so viel größer, je größer die Factoren des Numerators und je kleiner die Factoren des Denominators. Wenn ihr also die §. 278 angesetzte allgemeine Formel betrachtet, so könnet ihr also schließen: die Vergrößerungskraft eines Fernrohres ist so viel stärker je größer der Focus des Objectivs, und des mittlern Oculars, und je kleiner der Focus des ersten und dritten Oculars ist.

283. Zweyte Anmerkung. Wir haben in Bestimmung der Vergrößerungskraft §. 278. gesagt, der Winkel IqH sey gleich dem Winkel α m β. Dieses ist allezeit wahr, wenn die Entfernung der Gläser GF und IH der Summe ihrer Focallängen gleich ist. Denn weil alsdenn die Entfernung des Puncts q, in (dem sich die Achsen der

äu-

äußerſten und des mittlern Puncts des Objects durchſchneiden) vom zweyten Oculare, der Focallänge dieſes Oculars wenigſt ſehr nahe gleich iſt, ſo müſſen eben dieſe Achſen nach der Brechung in dieſem Oculare IH unter einander parallel werden. Es iſt alſo I α parallel und gleich mit qm, und H β parallel und gleich q m, folglich ſind auch m β parallel mit qH, und m α parallel mit qI, und eben darum IqH $=$ α m β. Aber wenn man das Ocular I H näher zum Ocular G F rückte, ſo hätte dieſes nicht Statt. Es würde alſo die allgemeine Formel verwickelter werden. Es ließe ſich auch leicht erweiſen, daß in dieſem Falle die Vergrößerungskraft etwas ſtärker würde. Aber weil dieſe Einrichtung ſelten gebraucht wird; und weil durch dieſe Vermehrung der Vergrößerung das Feld verminderet wird, ſo will ich mich über dieſe Einrichtung nicht länger aufhalten.

284. Nachdem die Vergrößerungskraft in einem ſolchen Fernrohr iſt gefunden worden, läßt ſich ſein Feld gar leicht beſtimmen. Meſſet die Oeffnung LK des nächſt bey dem Auge ſtehenden Oculars. Wenn euch nun überdas die Focallänge n o dieſes Oculars bekannt iſt, ſo könnet ihr im rechtwinklichten Triangel OnL aus den bekannten Seiten nL und nO den Winkel LOn finden, indem ihr dieſe Proportion anſtellet. Wie ſich nO verhält zu nL, ſo verhält ſich der Radius zum Tangenten des Winkels nOL. Iſt dieſer Winkel gefunden, ſo multiplicieret ihn mit 2, ſo habet ihr den Winkel LOK: dieſen dividieret durch die ſchon oben gefundene Vergrößerungskraft: der Quotient giebt den Winkel aCb oder ACB, das iſt, das verlangte Feld.

Exempel.

285. Wir haben oben für ein Fernrohr, deſſen Objectiv 3 Schuhe, die Oculären aber ein jedes 2 Zolle im Fo-

Focus hat, die Vergrößerungskraft gleich 18 gefunden. Wir wollen nun ferner setzen, das letzte Ocular KL habe 6 Linien Oeffnung. Wie groß wird sein Feld seyn?

no=2 Zolle =24 Linien
nL=3 Linien

Logarith. von no—	1.380211
Logarith. von nL	0.477121
Radius	10.000000
	10.477121
Tangent des Winkels nOL . .	9.096910=7°.7'.30"
Dessen doppeltes	.14°.15'=855'
Feld	$\frac{855}{18}$ = 47'.5

286. Man könnte auch das Feld eines solchen Fernrohres zu bestimmen sich der §. 264. angezeigten Methode bedienen. Man könnte nämlich im Triangel GCF, aus den bekannten Seiten GC und FC, welche der Summe der Focallängen des Objectivs und des ersten Oculars gleich sind, und aus der bekannten Oeffnung GF des Oculars, den Winkel GCF suchen, welcher eben das verlangte Feld ist.

Exempel.

287. Im oben §. 285. angesetzten Exempel würde die ganze Rechnung also stehen.

halb GF=3 Linien
GC=38 Zolle =456 Linien

Logarithmus von GC=	2.658965
Dessen arithmet. Complement	7.341035
Logarith. von halb GF	0.477121
Summe und zugleich der Sinus des Winkels GCp	7.818156=22'.40"
Der Winkel GCF	22'.40"×2=45'.20" das Feld.

288. **Anmerkung.** In beyden diesen Methoden wird zum Voraus gesetzet, alle drey Oculare haben eine so proportionirte Oeffnung, daß die Stralen aller jener Puncte, welche durch ein Ocular durchgelassen werden, auch durch die übrigen durchgelassen werden. Nun sieht einjeder aus der bloßen Betrachtung der 29.ten Figur, daß zu dieser Absicht, in der gemeinen Einrichtung, da nämlich die Entfernung jeder zweyen Gläsern der Summe ihrer Focallängen gleich ist, die Oeffnung aller Oculare bey nahe die nämliche seyn müsse. Ich sage bey nahe. Denn weil die im Puncte C sich durchschneidenden und von diesem Puncte divergierend auf das Glas FG fallenden Achsen einen etwas größern Focus haben, als die parallel einfallenden, so folget, q p sey etwas größer als q m, und eben darum müsse die Oeffnung GF auch etwas größer seyn als die Oeffnung HI des zweyten Glases, und weil die Oeffnung IH der Oeffnung LK wegen den parallelen Achsen HL und lK gleich seyn muß, so muß die Oeffnung des ersten Oculars FG auch etwas größer seyn, als die Oeffnung des dritten LK: wenn anderst das erste so viel fassen soll, als das dritte, und eben dieses ist die Ursache, warum wir in den beyden Arten der Berechnung nicht vollkommen das nämliche gefunden haben. Denn wir haben die Oeffnung des Oculars FG ebenfalls wie jene des Oculars LK 6 Linien groß angenommen, da sie doch etwas größer seyn sollte: um jenes Feld zu erhalten, welches das letzte Ocular giebt. Weil aber dieser Fehler nicht sehr beträchtlich ist, und weil überdas nicht nöthig ist, das Feld gar so genau zu bestimmen, so kann man sich nach Belieben, was immer für einer Methode bedienen.

289. **Zweyte Anmerkung.** Wenn am Orte des Bil-

Bildes $\alpha\ \beta$ eine Blendung gestellet wird, welches allezeit zu rathen ist, so hängt die Größe des Feldes haubtsächlich von dieser Oeffnung ab. Doch ist die Art, selbes zu berechnen immer die nämliche, wenn man nur für das Ocular GF eine eben so große Oeffnung annimmt, als die Blendung bey $\alpha\ \beta$ hat.

290. Nun muß ich noch einige Anmerkungen machen, welche die Einrichtung aller schon beschriebener Fernrohre betrift.

291. Wir haben §. 262. gesagt, die Klar- und Lebhaftigkeit des Bildes, welches in einem Fernrohre betrachtet wird, hange von der Menge der Lichtstralen ab, die von einem jeden Puncte des Objects durch das Objectiv gebrochen, wieder in einem Puncte versammelt werden. Nun aber ist offenbar, daß um so viel mehrere Stralen von einem jeden Puncte des Objects auf das Objectiv fallen, je größer die Oeffnung desselben ist. Man wird also die Lebhafftigkeit des Bildes von AB, und eben darum die Lebhaftigkeit des Sehens vermehren, wenn man dem Objective eine größere Oeffnung giebt. Doch hat diese Oeffnung, die man dem Objective geben kann, seine gewiße und zwar ziemlich enge Schranken. Denn wollte man demselben eine große Oeffnung geben, so würden die von was immer für einem Puncte des Objects auf die äußersten Theile des Objectivs fallenden Stralen schon mehrere Grade von der mitten durch das Glase fahrenden Achse abweichen; sie würden also nicht mehr mit den übrigen in einem Puncte sich vereinigen, und folglich ein zwar lebhaftes, aber zugleich undeutliches Sehen verursachen. Daher pflegt man die äußersten Theile des Objectivs, wenn es ziemlich groß ist, durch ein Kraißfärmig ausgeschnittenes Kartenblatt zu bedecken.

292. Die Vergrößerungskraft eines Fernrohres hängt zugleich von der Größe der Focallänge des Objectivs, und von der Kleinheit der Focallänge des erſten und dritten Oculars ab. (§. 282.) Man könnte alſo durch ein Objectiv von einem nicht gar großen Focus eine ſehr ſtarke Vergrößerung erhalten, wenn man ſich eines recht kleinen Oculars bedienen könnte. Alſo wenn man zu einem Objective von 5 Schuhen im Focus, ein Ocular, deſſen Focus ein Zoll wäre, brauchen ſollte, würde der Durchmeſſer des Objects ſchon 60mal vergrößert werden, welches eine ſo ſtarke Vergrößerung wäre, mit der man ſich faſt in allen Fällen, auch in Aſtronomiſchen Beobachtungen begnügen könnte. Allein dieſem ſo beträchtlichen Vortheile ſtehen andere Hindernißen entgegen. Denn erſtens kann einem Oculare von einem ſo kleinen Focus nur eine ſehr kleine Oeffnung gegeben werden, wodurch dan ein ſolches Fernrohr ein ziemlich kleines Feld bekömmt. Denn wenn dieſes Ocular alſo geſtellet wird, daß der mittlere Punct des Bildes $\alpha\ \beta$ im Focus deſſelben ſteht, ſo werden die etwas mehr ſeitwärts liegenden Puncte, ſchon nicht mehr im Focus dieſes Oculars ſtehen: und dieſe obwohl in ſich ſelbſt kleine Abweichung vom Focus iſt doch in Anſehung eines ſo ſcharfen Oculars beträchtlich genug, daß die von dieſen Puncten auf das Ocular fallenden Stralen nicht mehr unter einander parallel, und eben darum nicht mehr zum deutlichen Sehen tauglich werden. Man muß alſo die Stralen dieſer äußerſten Puncte des Bildes vom Oculare abhalten, welches entweders durch eine kleine Oeffnung des Oculars, oder durch eine kleine Oeffnung des an dem Orte des Bildes geſtellten Diaphragma geſchehen kann. Zweytens iſt das durch das Objectiv hervorgebrachte Bild ſchon allzeit in etwas unvollkommen, weil die von einem Puncte des Objects ausgefahrenen Stralen,

theils wegen der Figur des Objectives, und noch mehr wegen der verschiedenen Brechbarkeit der Stralen von verschiedenen Farben niemal mehr genau in einem Puncte vereiniget werden. Nun diese in sich selbst nicht gar beträchtliche Undeutlichkeit des Bildes, ist in Betrachtung eines so kleinen Oculars hinlänglich, daß die zu einem Puncte des Objects gehörigen Stralen bey weitem nicht mehr unter einander parallel, und eben darum nicht mehr tauglich zum deutlichen Sehen werden.

293. Eben aus dieser Ursache pflegt man an jenem Orte des Fernrohres, wo sich das letzte Bild gestaltet, einen schwarzen Ring aus Holz oder einem ausgeschnittenen Kartenblat anzubringen; um das Bild dadurch zu begränzen. Denn weil die merklich seitwärts liegenden Puncte dieses Bildes aus oben angezeigter Ursache nicht mehr deutlich genug können gesehen werden, so ist es ja besser, man fange die Stralen dieser seitwärts liegenden Punete gar auf, und verhindere sie auf das Ocular zu fallen, indem sie sonst nur die Deutlichkeit des übrigen Bildes verderben würden. Es sieht aber ein jeder, daß von der Oeffnung dieses Ringes, (man nennt ihn ein Diaphragma) die Größe des Feldes abhange. Man muß nämlich (in der gemeinen Einrichtung eines Fernrohres, da die Entfernung jeder zweyen Gläsern der Summe ihrer Focallängen gleich ist) für die Oculare eben jene Oeffnung setzen, die dieses Diaphragma hat: wie aus der bloßen Betrachtung der 38ten und 39ten Figur erhellet, und alsdenn aus dieser Oeffnung nach Vorschrift §. 271. oder §. 273 das Feld berechnen.

294. Wenn man das Fernrohr auf ein gewißes Object, das man betrachten will, richtet, so fällt auch von andern seitwärts liegenden Objecten, ja von dem Luft und Dunst-

frai-

kraiſe ſelbſt nicht wenig Licht mit auf das Objectiv, welches zum deutichen Sehen des Objects nicht nnr nichts beyträgt, ſonder ſelbes merklich verhinderet, weil es ſich mit den vom Objecte ſelbſt kommenden Stralen vermiſchet, und dieſes iſt, was man das falſche Licht nennet. Um nun dieſes falſche Licht, ſo viel es möglich iſt, abzuhalten, pflegt man das Fernrohr inwendig ſchwarz zu färben, damit die ſeitwärts einfallenden falſchen Stralen, wenn ſie auf die Seitenwände der Rohre aufſtoſſen, von denſelben verſchlungen werden. Es iſt auch ſehr gut, daß man vor dem Objective einen 2 bis 3 Zolle langen Vorſchuß von Holz mache; denn hiedurch wird ſchon ſehr vieles von ſeitwärts liegenden Objecten kommendes Licht abgehalten, daß es nicht auf das Objectiv fallen kann. Eben aus dieſer Urſache, werden auch beym Ende eines jeden eingeſteckten Rohres ſchwarz gefärbte, und mit einer proportionirlichen kraisförmigen Oeffnung verſehene Ringe angebracht, damit auch durch dieſe das falſche Licht aufgefangen werde.

295. Bey dem letzten Oculare wird im Aſtronomiſchen und gemeinen irdiſchen Fernrohre ein Vorſchuß gemacht, welcher in Geſtalt eines Kegels immer ſpitziger zuläuft, bis er in der Entfernung der Focallänge des letzten Oculars abgeſchnitten wird, allwo er eine kleine Oeffnung, und zugleich eine runde hohle Vertiefung hat, damit wenn das Aug dareingelegt wird, ſelbes von allem fremden Licht befreyet ſey, und zugleich die gehörige Entfernung vom letzten Oculare habe.

296. Aus allem, was bisher iſt geſagt worden, erhellet, daß, um ein gutes Fernrohr zu erhalten, die Focallänge des Objectivs, deſſen Oeffnung, die Oeffnung des Diaphragma, die Focallänge der Oculare ein gewißes

Verhältniß unter einander haben müßen. Welches Verhältniß das beste sey, läßt sich durch keine allgemeine Regel bestimmen. So viel ist gewiß, je besser das Objectiv ist, desto größere Oeffnung, größeres Diaphragma, und desto schärfere Oculare kann selbes leyden. Die Erfahrung muß also hierin das beste thun. Man vermindert nämlich oder vermehret die Oeffnung des Objectivs und des Diaphragma so lang, bis man zugleich ein genugsam deutlich und lebhaftes Sehen, und ein genugsames Feld erhält.

297. Ich will doch hier eine Tabelle ansetzen, in welcher dieses Verhältniß also angesetzet ist, wie es von den fürnemsten Arbeitern nach Zeigniß des Herrn de la Caille pflegt beobachtet zu werden. Es bedeutet aber in dieser Tabelle F den Focus des Objectivs; O die Oeffnung des Objectivs: f den Focus der Ocularen: o die Oeffnung der am Orte des Bildes gestellten Blendung: V die Vergrößerungskraft: C das Feld.

Tabelle für gemeine Fernrohr.

F	O	f	o	V	C
Schuhe	Linien	Linien	Linien	mal	
1	$4\frac{1}{2}$	16	4	9	1°.35′
2	$6\frac{1}{2}$	22	$5\frac{1}{2}$	13	1. 5
3	9	26	$7\frac{1}{2}$	17	0.58
4	11	28	9	21	0.53
5	12	30	10	24	0.47
6	13	31	$10\frac{1}{2}$	28	0.41
7	14	34	11	30	0.37
8	15	36	$11\frac{1}{2}$	32	0.34

Tabelle für Astronomische Fernrohr.

Focus des Objectivs.	Oeffnung des Objectivs	Focus des Oculars.	Vergröß-erung.
Schuhe.	Zoll. Linien.	Zoll. Linien.	mal
1	0. $6\frac{1}{2}$	0. 8	20
2	0. 9	0. 10	28
3	0. $11\frac{1}{2}$	1. $0\frac{1}{2}$	34
4	1. 1	1. $2\frac{1}{2}$	40
5	1. $2\frac{1}{2}$	1. 4	44
6	1. 4	1. 6	49
7	1. $5\frac{1}{2}$	1. $7\frac{1}{2}$	53
8	1. $6\frac{1}{2}$	1. $8\frac{1}{2}$	56
9	1. 8	1. $9\frac{1}{2}$	60
10	1. 9	1. 11	63
11	1. 10	2. 0	66
12	1. 11	2. 2	69
14	2. $0\frac{1}{2}$	2. 3	75
16	2. 2	2. 5	79
18	2. 4	2. 7	85
20	2. $5\frac{1}{2}$	2. $8\frac{1}{2}$	89

In diesen Tabellen wird vorausgesetzet, die Objectivgläser seyn wohl geschliffen, doch nicht die allerbesten. Wären sie von der besten Gattung, so könnten sie wohl um etwas größere Oeffnungen des Objectivs, und des Diaphragma ertragen.

Verhältniß unter einander haben müßen. Welches Verhältniß das beste sey, läßt sich durch keine allgemeine Regel bestimmen. So viel ist gewiß, je besser das Objectiv ist, desto größere Oeffnung, größeres Diaphragma, und desto schärfere Oculare kann selbes leyden. Die Erfahrung muß also hierin das beste thun. Man verminderet nämlich oder vermehret die Oeffnung des Objectivs und des Diaphragma so lang, bis man zugleich ein genugsam deutlich und lebhaftes Sehen, und ein genugsames Feld erhält.

297. Ich will doch hier eine Tabelle ansetzen, in welcher dieses Verhältniß also angesetzet ist, wie es von den fürnemsten Arbeitern nach Zeigniß des Herrn de la Caille pflegt beobachtet zu werden. Es bedeutet aber in dieser Tabelle F den Focus des Objectivs; O die Oeffnung des Objectivs: f den Focus der Oculare: o die Oeffnung der am Orte des Bildes gestellten Blendung: V die Vergrößerungskraft: C das Feld.

Tabelle für gemeine Fernrohr.

F	O	f	o	V	C
Schuhe	Linien	Linien	Linien	mal	
1	$4\frac{1}{2}$	16	4	9	1°.35′
2	$6\frac{1}{2}$	22	$5\frac{1}{2}$	13	1. 5
3	9	26	$7\frac{1}{2}$	17	0.58
4	11	28	9	21	0.53
5	12	30	10	24	0.47
6	13	31	$10\frac{1}{2}$	28	0.41
7	14	34	11	30	0.37
8	15	36	$11\frac{1}{2}$	32	0.34

Tabelle für Astronomische Fernrohr.

Focus des Objectivs.	Oeffnung des Objectivs	Focus des Oculars.	Vergröß-erung.
Schuhe.	Zoll. Linien.	Zoll. Linien.	mal
1	0. $6\frac{1}{2}$	0. 8	20
2	0. 9	0. 10	28
3	0. $11\frac{1}{2}$	1. $0\frac{1}{2}$	34
4	1. 1	1. $2\frac{1}{2}$	40
5	1. $2\frac{1}{2}$	1. 4	44
6	1. 4	1. 6	49
7	1. $5\frac{1}{2}$	1. $7\frac{1}{2}$	53
8	1. $6\frac{1}{2}$	1. $8\frac{1}{2}$	56
9	1. 8	1. $9\frac{1}{2}$	60
10	1. 9	1. 11	63
11	1. 10	2. 0	66
12	1. 11	2. 2	69
14	2. $0\frac{1}{2}$	2. 3	75
16	2. 2	2. 5	79
18	2. 4	2. 7	85
20	2. $5\frac{1}{2}$	2. $8\frac{1}{2}$	89

In diesen Tabellen wird vorausgesetzet, die Objectivgläser seyn wohl geschliffen, doch nicht die allerbesten. Wären sie von der besten Gattung, so könnten sie wohl um etwas größere Oeffnungen des Objectivs, und des Diaphragma ertragen.

298. Bey dem würklichen Gebrauche der Fernrohre ist noch dieses zu merken, daß die Kurzsichtigen das letzte Rohr, welches die Oculargläser einschließet, um deutlich zu sehen etwas weiter hineinschieben müssen, als andere, die gute Augen haben; denn bey diesen letzten wird das Ocular also gestellet, daß die zu einem jeden Puncte des Objects gehörigen Stralen unter einander fast parallel in das Auge fallen. Nun aber taugen diese Stralen den Kurzsichtigen nicht zum deutlichen Sehen, sonder sie müssen divergierend einfallen. Das vom Objectiv gestaltete Bild muß also um etwas näher bey dem Oculare stehen, als dessen Focallänge beträgt, sie müssen hiemit das Ocular und eben darum das letzte Rohr näher zum Bild, das ist weiter hinein schieben.

299. Wenn man einen Gegenstand, der nicht weit entfernet ist, durch ein Fernrohr betrachten will, so muß das letzte Rohr, welches die Oculare in sich hat, weiter heraus gezogen werden als bey weit entfernten Objecten. Denn je näher das Object zum Objective rückt, desto weiter entfernet sich das Bild von demselben: weil also das Ocular allezeit die nämliche Entfernung, jene nämlich, die seiner Focallänge gleich ist vom Bilde haben muß, so muß das Ocular in diesem Falle weiter herausgezogen werden.

300. Aus den oben gesetzten Tabellen erhellet, daß, je mehr die Vergrößerungskraft in einem Fernrohre wächst, desto kleiner sein Feld wird. Unterdessen ist es in Betrachtung der Gegenstände auf Erden ein sehr beträchtlicher Vortheil eines Fernrohres, wenn man durch dasselbe viel auf einmal übersehen kann. Um nun diesen Vortheil mit einer ziemlich starken Vergrößerung zu vereinigen haben einige angefangen Fernrohre mit 6 Gläsern zu verfertigen. Man se-

ßet nämlich den durch das Objectiv gebrochenen Stralen, vor ſie ſich in einem Puncte vereinigen, ein Converglas entgegen, wodurch denn geſchieht, daß ſie auf ein neues gebrochen, ſich ehender verſammeln, und ein Bild geſtalten. Die zu verſchiedenen Puncten gehörigen Achſen werden zugleich gegen einander convergierend gemacht, da ſie doch ohne Dazwiſchenſetzung eines ſolchen Glaſes divergieren würden: es werden alſo mehrere derſelben auf das folgende Ocular fallen, welche nicht auf ſelbes gefallen ſeyn würden, wenn ſie divergierend geblieben wären. Es wird demnach durch dieſes dazwiſchen geſetzte Glas das Feld vermehret. Ferner ſetzet man die von einem jeden Puncte des letzten Bildes ausgehenden Stralen unter einander parallel zu machen zwey Oculargläſer, nahe hinter einander, durch welches die Vergrößerung ſtärker wird. Ich will die Einrichtung eines ſolchen Fernrohres in einem Exempel zeigen.

301. Es ſey AB (Fig. XL Tab. IX.) ein ſehr weit entlegenes Object, DE ein Objectivglas, deſſen Radius 5 Schuhe. Die von A ausfließenden Stralen, würden ſich, wenn man ſie ohngehindert hinter dem Objective fortfahren

ließ, in der Entfernung $\frac{10\,r}{11}$, das iſt in der Entfernung von 655 Linien, oder 4 Schuhen 6 Zollen und 7 Linien, nämlich in m vereinigen. (§. 98) Eben ſo würden die vom Puncte B ausfahrenden in n, die vom Puncte C in t vereiniget werden. Mit einem Worte, es würde 4 Schuhe 6 Zolle und 7 Linien weit hinter dem Objective das Bild n t m entſtehen. Nun aber fange man alle dieſe Stralen ein wenig etwan um 6 Zolle und 6 Linien oder 78 Linien ehe ſie ſich vereinigen würden, durch ein anderes beyderſeits gleich converes Glas G H auf, deſſen Radius

11 Zolle und 6 Linien groß. Die von einem jeden Puncte des Objects ausgeflossenen Stralen werden durch dieses zweyte Glas abermal gebrochen sich um etwas früher vereinigen, als es ohne Dazwischensetzung dieses Glases geschehen wäre. Es werden aber zugleich die Achsen der von den äußersten Puncten kommenden Lichtkegeln durch diese neue Brechung gegen einander gebogen, und convergierend gemacht werden.

Die Richtung dieser Achsen zu finden, könnet ihr also folgern. Alle Achsen schneiden sich im Mittelpuncte F des Objectivglases, sie fallen also aus diesem Puncte divergierend auf das zweyte Glas GH. Die Entfernung dieses Puncts F vom Glase GH ist =Ft—tI=655—78=577 Linien =FI. Der Radius des Glases GH ist 11 Zolle und 6 Linien, oder 138 Linien. Wir haben also in der allgemeinen Formel $x = \frac{10\,d\,r}{11\,d - 10r}$ für divergierend einfallende Stralen (§. 97) d=577 und r=138. Hieraus entsteht x=160=IU. Die von den äußersten Puncten des Objects kommenden Achsen bekommen also durch die Brechung im zweyten Glase (man nennt es das Collectivglas) eine solche Richtung, daß sie sich 160 Linien weit hinter demselben in einem Puncte u durchkreuzen würden; Nun zwischen diesen Achsen muß das ganze Bild acb liegen. Damit ihr aber den Ort dieses Bildes genau bestimmet, so folgeret also. Die von was immer für einem Puncte des Objects z. E. vom Puncte C kommenden Stralen, fallen also convergierend auf das Glas GH, daß sie nach einem 78 Linien hinter diesem Glase liegenden Punete t zielen. Der Radius des Glases GH ist 11 Zolle und 6 Linien, oder 138 Linien. Wir haben also in der Formel (§.100) x=

$\frac{10\,d\,r}{11\,d+10\,r}$ für convergierend einfallende Stralen $d=78$ und $r=138$. Hieraus entſteht $x=48=Ic$. Es wird alſo der Punct C in c, und das ganze Object ACB in a c b nämlich 48 Linien weit hinter dem Glaſe GH entworfen.

Die in einem Punete des Bildes vereinigten Stralen fahren alsdenn wieder in eben jener Richtung fort, in welcher ſie dahin gekommen ſind. Wenn alſo ein drittes Glas PQ etwan von zween Zollen im Radius, und folglich von $\frac{10r}{11}$ oder von 21.8 Linien im Focus eben 21.8 Linien weit vom Bilde a c b geſtellet wird, ſo müßen alle von was immer für einem Puncte des Bildes acb einfallende Stralen durch die Brechung im dritten Glaſe unter einander parallel gemacht werden. (§. 99.) Die von den äußerſten Puncten kommenden Achſen leiden aber ebenfalls eine neue Brechung, und bekommen dadurch eine neue Richtung. Dieſe zu finden folgeret alſo. Weil $IU=160$ Linien und $Ic=48$ Linien, und $cr=21.8$ ſo iſt $Ir=Ic+cr=69.8$ und $Ur=IU-Ir=90.2$ Dieſe Achſen fallen alſo auf das Glas PQ alſo convergierend ein, daß ſie nach einem 90.2 Linien weit hinter dieſem Glaſe gelegenen Puncte U zielen. Wir haben alſo in der Formel $x=\frac{10\,d\,r}{11\,d+10\,r}$ (§. 100) $d=90.2$ und $r=24$. Hieraus entſteht $x=17.7=rh$. Dieſe Achſen bekommen alſo durch die Brechung im dritten Glaſe eine ſolche Richtung, daß ſie ſich in einem 17.7 Linien hinter dieſem Glaſe liegenden Puncte durchkreuzen.

Wenn nun ein viertes beyderſeits gleich convexes Glas RS von 2 Zollen im Radius, und folglich von 21.8 Linien

im Focus eben 21.8 Linien weit vom Puncte h gestellet wird, so müssen die von einem jeden Puncte des Bildes gekommenen, und durch das Glase PQ parallel gemachten Stralen durch dieses vierte Glase in der Enntfernung px =21.8 wieder in einen Punct vereiniget werden. Es muß also ein zweytes Bild α x β entstehen. Die Achsen der äußersten Puncte aber müssen unter einander parallel werden. (§. 99)

Nun ist noch übrig, daß wir die aus einemjeden Puncte des Bildes α x β ausfahrenden Stralen unter einander parallel und eben darum zum deutlichen Sehen tauglich machen. Dieses könnte nach der gemeinen Art durch ein in der Entfernung der Focallänge gestelltes Ocular geschehen. Man gebraucht aber in dieser neuen Einrichtung zwey dazu, eben auf die Art, wie §. 235 bey den Mikroscopen ist gesagt worden. Wir wollen setzen, beyde Oculare KL und MN haben 2 Zolle oder 24 Linien im Radius. Man setze das erste Ocular 10 Linien weit von dem Bilde α x β. Die von einem jeden Puncte des Bildes α x β divergierend auf dieses Glas KL fallenden Stralen werden nach der Brechung noch divergierend bleiben, aber so wenig, als wenn sie von einem weit mehr entfernten Puncte q herkämen. Diesen Punct q zu finden dienet die Formel $x = \frac{10\,d\,r}{11\,d - 10\,r}$. In dieser ist d=10 und r=24. Hieraus entsteht x=—18.5: Die von einem jeden Puncte des Bildes α x β kommenden Stralen sind also nach der Brechung im Glase KL so divergierend, als wenn sie von einem 18.5 Linien weit vor dem Glase KL liegenden Puncte q ausflößen. Nun stelle man 3.3 Linien weit von S ein neues beyderseits gleich convexes Ocular, welches weil es

2 Zolle im Radius hat 21.8 Linien im Focus haben wird. Die von einem jeden Puncte des Bildes α κ β ausfahrenden Stralen fallen demnach auf dieſes Glaſe ſo ein, als wenn ſie aus einem 18.5+3.3 oder 21.8 Linien entfernten Puncte q herkämen. Sie müſſen alſo durch eine neue Brechung in dieſem Glaſe unter einander parallel werden. (§. 99)

Die Richtung der Achſen der äußerſten Puncte wird alſo beſtimmet. Sie fallen auf das Glas KL unter einander parallel ein, ſie werden daher alſo gebrochen, daß ſie ſich in der Entfernung der Focallänge nämlich in der Entfernung 21.8 Linien in V vereinigen würden. Weil alſo das Ocular MN 3.3 Linien weit vom Glaſe KL ſteht, ſo fallen ſie auf dieſes alſo convergierend ein, daß ſie gegen einem 21.8—3.3 oder 18.5 Linien weit entlegenen Puncte V zielen. Wir haben alſo in der Formel $x = \frac{10\,d\,r}{11d+10r}$ (§. 100.) d=18.5 und r=24. Hieraus entſteht x=10 =yT. Die von den äußerſten Puncten des Objects kommenden Achſen haben hiemit eine ſolche Richtung, daß ſie 10 Linien hinter dem letzten Glaſe ſich durchkreuzen. Wenn demnach ein gutes Aug in dieſer Entfernung hinter dem letzten Oculare geſtellet wird, ſo muß es das Object AB deutlich ſehen.

302. Die Vergrößerungskraft in einem ſolchen Fernrohre zu berechnen könnet ihr alſo folgern. Das Object ſcheinet um ſo viel größer durch das Fernrohr, als es dem freyen Auge erſcheinen würde, ſo viel der Winkel MTN den Winkel AFB oder GFH übertrift. Nun aber verhält ſich der Winkel GFH zum Winkel GUH wie IU zu IF (§. 171.); wenn wir alſo den Winkel GFH mit 1 benennen, ſo iſt GUH

$$GUH = \frac{IF}{IU}$$ ferner iſt

$$GUH \text{ oder } PUQ \text{ oder } \frac{IF}{FU} : PhQ :: rh : rU$$

folglich iſt $$PhQ = \frac{IF \times rU}{IU \times rh}$$

PhQ iſt jederzeit $=RhS=R\varkappa S$, wenn h der Focus des Glaſes RS iſt; denn der Punct $\varkappa$ iſt ebenfals der Focus eben dieſes Glaſes, und folglich $hp=p\varkappa$, und eben darum der Winkel $RhS=R\varkappa S$: und weil in dieſem Falle RK und SL unter einander parallel ſind, ſo iſt $RS=KL$. Folglich iſt

$$R\varkappa S \text{ oder } PhQ \text{ oder } \frac{IF \times rU}{IU \times rh} : KVL :: SV : p\varkappa$$

und folglich $$KVL = \frac{IF \times rU \times p\varkappa}{IU \times rh \times SV}.$$ Ferner

$$\text{iſt } KVL \text{ oder } MVN \text{ oder } \frac{IF \times rU \times p\varkappa}{IU \times rh \times SV} : MTN :: yT : yV$$

Hiemit iſt $$MTN = \frac{IF \times rU \times p\varkappa \times yV}{IU \times rh \times SV \times yT}.$$

Wenn wir nun in dieſem allgemeinen Ausdrucke die im vorhergehenden §. gefundenen Zahlen ſetzen, ſo haben wir

$IF = 577$

$rU = 90.2$

$p\varkappa = 21.8$

$yV = 18.5$

$IU = 160$

r h=17.7
SV=21.8
yT=10
Hieraus entſteht MTN=34 die verlangte Vergrößerung.

303. **Anmerkung.** Aus der eben angezeigten Berechnung der Vergrößerung ſehet ihr erſtens ; daß wenn etwas von jenen Größen die den Numerator ausmachen, wächst, oder etwas von jenen, die den Denominator ausmachen, abnimmt, die Vergrößerungskraft wächst. Zweytens daß wenn die drey letzten Oculare einerley Focus haben, die Formel um etwas einfacher wird, weil alsdenn px und SV einander gleich ſind, und folglich einander aufheben. Drittens daß wenn das Ocular RS nicht ſo geſtellet wird, daß h deſſelben Focus iſt, die Achſen RK und SL nicht unter einander parallel ſind, und folglich die Berechnung in etwas ſich veränderet. Weil aber dieſes gemeiniglich alſo zu geſchehen pflegt, ſo will ich die Berechnung für einen ſo ungewöhnlichen Fall nicht weitläufig anführen, obwohl ſie ſich aus den nämlichen Grundſätzen herleiten ließ.

304. Das Feld kann in dieſer Art der Fernrohre auf eben die Art beſtimmet werden, wie §. 286 iſt angezeiget worden. Man nimmt nämlich das Arithmetiſche Complement des Logarithmus von F G oder F I, und den Logarithmus von G I, das iſt, von der halben Oeffnung des Collectivs: Addieret beyde in eine Summe: dieſe iſt der Logarithmus Sinus des halben Feldes. Wir wollen in unſerem §. 301 geſetzten Exempel ſetzen, die Oeffnung des Collectivs ſey 10 Linien.

Wir haben { FI=577 dessen Logarithm. . . . 2.761176
dessen Complem. . . . 7.238824
GI=5 dessen Logarith. . . . 0.698970
Summe 7.937794
das halbe Feld . . . 29'.50"
das ganze . . . . . 59'.40"

305. **Anmerkung.** Diese Art das Feld zu bestimmen ist sehr leicht, und hat seine Richtigkeit, wenn nur den übrigen Oculären eine proportionirte Oeffnung gelassen wird, daß alles was durch das Collectiv eingelassen wird, auch durch die übrigen durchfahren kann. Nun läßt sich aber gar leicht bestimmen, wie groß diese Oeffnung bey einem jeden Oculare und bey dem an dem Orte des Bildes gestellten Diaphragma seyn muß. Ihr därfet nur folgende Proportionen machen.

IU:rU::HG:PQ der Oeffnung des Oculars.

Ihr findet 160:90.2::10:5.64

rh:hp::PQ:RS

Ihr findet 17.7:21.8::5.64:7. Oeffnung des 2ten, und des dritten und des Diaphragma $x\beta$

IU:cU::GH:ba

Ihr findet 160:112::10:7. Oeffnung des Diaphragm. ab.

306. **Zweyte Anmerkung.** Dieses Fernrohr hat, wie wir in dem vorhergehenden §. 302 gefunden haben, eine 34malige Vergrößerung, und bey nebens bey nahe 1 Grad Feld, da doch ein nach der gemeinen Art eingerichtetes Fernrohr mit einem Objective von 5 Schuhen Focallänge nur 24mal vergrößert, und nur 47' Feld hat (wie in der §. 297 angesetzten Tabelle zu ersehen ist.) Es hat also diese Einrichtung einen nicht geringen Vortheil.

307. Es giebt noch eine andere Art Fernrohre mit 6 Gläsern zu verfertigen: sie besteht haubtsächlich in dem. Man brauchet neben dem Objective noch ein Collectivglas, um das erste Bild des Objects zu gestalten. Alsdenn brauchet man drey Oculargläser, um das zweyte Bild zu entwerfen. Endlich betrachtet man dieses zweyte Bild durch ein Ocular. Ich will es in einem Exempel zeigen.

308. Es sey (Fig. XLI.) DE ein beyderseits gleich converes Objectiv von 5 Schuhen im Radius. AB sey ein sehr weit entlegenes Object, daß also die von einem Puncte zum Exempel, die vom Puncte C auf das Objectiv fallenden Stralen als unter einander parallel können angesehen werden. Diese würden durch das Objectiv gebrochen in der Entfernung der Focallänge $= \frac{10r}{11}$, nämlich in der Entfernung von 654.5 Linien $=$Ft sich wieder in einem Puncte vereinigen. Es würde also, wenn man die von allen Puncten des Objects einfallenden Stralen ohngehindert fortfahren ließ, 654.5 Linien weit hinter dem Objective das Bild mtn entstehen. Nun aber fange man diese Stralen etwan um 2 Zolle $=$It früher, als die besagte Vereinigung geschieht, mit einem andern beyderseits gleich converen Glase auf, dessen Radius z. E. 3 Zolle und 2 Linien groß ist. Die in F sich durchkreuzenden Achsen werden gegen einander gebogen werden, also, daß sie nach der Brechung gegen einem Puncte U zielen. Die zu einem Puncte, z. E zum Puncte C gehörigen Stralen aber werden früher, als ohne Dazwischensetzung dieses Glases geschehen wäre, vereiniget werden. Den Punct U zu finden dienet die Formel $x = \frac{10dr}{11d - 10r}$. Wir haben $d =$Ft$ -It = 654.5 - 24 = 630.5 =$Fl

=FI, und r=38. Hieraus entsteht x=36.5=IU. Den Ort des Bildes acb zu finden, dienet die Formel $x = \frac{10dr}{11d + 10r}$ (§. 100) Wir haben d=24 und r=38. Hieraus entsteht x=14.2=Ic. Wenn ihr nun ein anderes beyderseits gleich convexes Glas PQ, dessen Radius 30 Linien groß ist, 15. Linien weit von dem Bilde ab stellet, so ist cr=15 und rU=7.3.

Die Achsen fallen hiemit also convergierend auf das Glas PQ, daß sie gegen einem 7.3 Linien weit hinter diesem Glase liegenden Punete U zielen: sie werden also auf ein neues gebrochen sich früher im Puncte h schneiden. Diesen Punct h finden wir durch die Formel $x = \frac{10dr}{11d + 10r}$. Wir haben d=7.5 und r=30. Hieraus entsteht x=5.76=rh.

Die von einem Puncte des Bildes ab zum Exempel vom Punete c einfallenden Stralen werden durch dieses Glase noch nicht parallel (§. 99.) sonder nur minder divergierend gemacht, und bekommen eine solche Richtung, als wenn sie von einem mehr entfernten Puncte q herkämen. Diesen Punct q finden wir durch Hilf der Formel $x = \frac{10dr}{11d - 10r}$. Wir haben d=15 und r=30. Hieraus entsteht x=33 =rq.

Wenn wir nun abermal ein neues Glas, dessen Radius 26 Linien groß ist, 18 Linien weit vom Glase PQ stellen, so haben wir rp=18, und hp=12.24, und qp=51. Die Achsen fallen aus h divergierend auf das Glas RS. Ihre Richtung nach der Brechung in diesem Glase zu finden

den dienet die Formel $x = \frac{10dr}{11d - 10r}$. Wir haben d=
12.24 und r=26. Hieraus entſteht x=—25.4=po. Die Achſen werden alſo durch die Brechung im Glaſe RS alſo divergent, als wenn ſie aus dem Puncte o ausführen.

Die zu einem Punete des Bildes, z. E. zum Puncte c gehörigen Stralen fallen alſo auf das Glas RS, als wenn ſie von einem rq+rp oder 33+18. oder 51 Linien weit entfernten Puncte q herkämen. Sie werdeu alſo durch die Brechung in dieſem Glaſe convergent gegen einem Punete *l*. Dieſen Punct *l* finden wir durch die Formel $x = \frac{10dr}{11d - 10r}$.
In dieſer haben wir d=51 und r=26. Hieraus entſteht x=44=p*l*.

Wenn wir 16 Linien weit vom Glaſe RS ein neues KL ſtellen, deſſen Radius =25 Linien, ſo iſt ps=16 und os=41.4 und s*l*=28. Die Achſen fallen demnach auf das Glas KL aus einem 41.4 Linien weit entfernten Punete o divergierend ein. Ihre Richtung nach der neuen Brechung im Glaſe KL zu finden dienet die Formel $x = \frac{10dr}{11d - 10r}$.
Wir haben d=41.4 und r=25. Hieraus entſteht x=50 =sV. Die Achſen werden hiemit durch dieſe neue Brechung alſo convergierend daß ſie ſich 50 Linien weit hinter dem Glaſe KL in einem Puncte V vereinigen würden.

Die zu einem Punet z. E. zum Punete c gehörigen Stralen fallen alſo convergierend auf das Glas KL, daß ſie gegen den Punct *l* zielen. Es dienet alſo ihren wirklichen

Vereinigungs Punct zu finden die Formel $x = \frac{10dr}{11d + 10r}$

Wir haben d=28 und r=25. Hieraus entsteht x=12.545 =s_x. Folglich ist V=50—12.545=37.455. Wenn endlich ein Glas MN, dessen Radius 16.6 Linien, und folglich der Focus $\frac{10r}{11}$ —— oder 15 Linien groß ist, eben 15 Linien weit von dem Bilde α x β gestellet wird, so müßen die von einem jeden Puncte desselben ausfahrenden Stralen unter einander parallel werden. Die Achsen fallen also auf dieses Glase, daß sie nach einem Punct V zielen. Nun ist yV=xV—xy=37.455—15=22.455. Wir haben also in der Formel $x = -\frac{10dr}{11d + 10r}$, d=22.455 und r=16.6. Hieraus entsteht x=9=yT.

309. Die Vergrößerungskraft wird in dieser Gattung der Fernrohre fast eben auf die Art gefunden, wie bey den vorhergehenden, im 302.ten §. ist erkläret worden. Man sieht nämlich das Object um so viel größer durch das Fernrohr als mit freyem Auge um so viel der Winkel MTN den Winkel AFB oder GFH übertrift. Benennet also den Winkel GFH mit r, und machet folgende Proportion.

GFH:GUH::IU:IF folglich ist

$$GUH = \frac{IF}{IU}.$$

$$PUK \text{ oder } GUH \text{ oder } \frac{IF}{IU} : PhQ::rh:rU$$

$$\text{Folglich ist } PhQ = \frac{IF \times rU}{IU \times rh}$$

Nun iſt $RhS = PhQ = \frac{IF \times rU}{IU \times rh}$. Wir haben demnach

$\frac{IF \times rU}{IU \times rh} : ROS :: op : hp$. Folglich iſt

$RoS = \frac{IF \times rU \times hp}{IU \times rh \times op}$. Ferner iſt

RoS oder $\frac{IF \times rU \times hp}{IU \times rh \times oP} : KVL :: sV : sO$

Folglich iſt $KVL = \frac{IF \times rU \times hp \times so}{IU \times rh \times op \times sV}$. Endlich iſt

KVL oder $\frac{IF \times rU \times hp \times so}{IU \times rh \times op \times sV} : MTN :: yT : yV$

Folglich iſt $MTN = \frac{IF \times rU \times hp \times so \times yV}{IU \times rh \times op \times sV \times yT}$.

Und dieſes iſt die verlangte Vergrößerungskraft.

Wenn wir die oben gefundene Werthe anſtatt der Linien ſetzen, ſo haben wir

$IF = 630.5$

$rU = 7.3$

$hp = 12.24$

$so = 41.4$

$yV = 22.455$

$IU = 36.5$

$rh = 5.76$

$op = 25.4$

$sV = 50$

$yT = 9$

Hieraus entsteht MTN=22 die verlangte Vergrößerung. Die Entfernung der Gläser muß folgende seyn.

Entfernung des erstē Oculars vom Collective =Ir=Ic+cr=29
des zweyten Oculars vom ersten =rp=rh+hp=18
des dritten vom zweyten . . . . . =ps=16
des vierten vom dritten . . =sy=s_x+xy=27.5

310. Die Größe des Feldes kann wieder auf die Art berechnet werden, wie §. 271. ist erkläret worden. Wenn wir die Oeffnung des Collectivs GH=10 Linien setzen, so haben wir in unserm gegenwärtigen Exempel GI=630.

Dessen Logarithm. ist	2.799341
Dessen arithmet. Compl.	7.200659
Halb HG=5: dessen Logarith.	0.698970
Summe	7.899629
Das halbe Feld	27'.20''
Das ganze Feld	54'.40''.

Damit ihr nun die Oeffnung bestimmet, die um dieses Feld zu erhalten, den Oculären und den an dem Orte der Bilder gestellten Diaphragmen oder Blendungen muß gegeben werden, so machet folgende Proportionen.

lU:rU::GH:PQ
36.5:7.3::10:2 Oeffnung des 1.ten Oculars.

rh:hp::PQ:RS
5.7:12.3::2:4.32 Oeffnung des zweyten.

op:os::RS:KL
25.5:41.6::4.32:7 Oeffnung des dritten

sV:yV::KL:MN
50:20.7::7:3 Oeffnung des vierten.

IU:

$$\left\{\begin{array}{l} IU:cU::GH:ab \\ 36.5:22.3::10:6.1. \end{array}\right.$$ Oeffnung der Blendung bey ab

$$\left\{\begin{array}{l} {}^{s}V:{}_{\varkappa}V::KL:\alpha\beta \\ 50:35.7::7:5 \end{array}\right.$$ Oeffnung der Blendung bey $\alpha\beta$.

311. **Anmerkung.** Es ist nicht allerdings nothwendig, daß ihr die Oculären bis auf die eben bestimmte Oeffnungen zudecket, wenn ihr nur die Blendungen an ihr gehöriges Ort und mit der gehörigen eben bestimmten Oeffnung stellet, so wird das nichts taugende Licht schon genugsam abgehalten.

312. **Zweyte Anmerkung.** Bey dieser Einrichtung der Fernrohre hat man diesen beträchtlichen Vortheil, daß die Bilder in dieser Gattung der Fernrohre merklich netter als in der gemeinen gestaltet werden. Denn die von einem Puncte des Objects auf die Oeffnung des Objectivs fallenden Stralen werden durch die Brechung niemal mehr genau in einem Puncte vereiniget. Wenn aber diese Stralen vor ihrer Vereinigung durch noch ein Glase gebrochen werden, so geschieht die Versammlung genauer in einem Puncte: dieß läßt sich leicht erfahren. Wir wollen setzen, einige vom Puncte C z. E. des Objects ausgefahrene Stralen zielen gegen einem 654.5 Linien weit hinter dem Objective liegenden Puncte: einige andere Stralen aber zielen gegen einem Puncte der 657.5 Linien hinter dem Objective liegt. Wenn ihr nun alle diese Stralen durch ein Collectiv auffanget, so zielen sie gegen zweyerley Puncte, derer einer drey Linien weiter hinter dem Glase als der andere liegt. Ihr habet also in der Formel $x = \frac{10dr}{11d + 10r}$ zweyerley Werthe von d, derer einer um drey Linien größer ist als der

andere. Wenn ihr nun aus diesen verschiedenen Werthen von d die Werthe von x berechnet; so werden sie zwar noch verschieden seyn, aber bey weitem nicht mehr um drey Linien. Es wird also in dieser Einrichtung das erste Bild abnetter gestaltet, als in der gemeinen. Eben so wird auch das zweyte Bild in dieser Art deutlicher, als in der gemeinen, weil auch dieses durch zwey Gläser hervorgebracht wird, und eben deßentwegen leydet ein solches Fernrohr ein merklich kleineres letztes Ocular als in der gemeinen Einrichtung. Daher kömmt es, daß man nebst einem großen Feld, welches durch das Collectiv verursachet wird, noch eine starke Vergrößerung erhalten kann. Es ist wahr, durch so viele Gläser wird etwas vom Lichte abgehalten, weil niemal alles, was auf ein Glas fällt, durch selbes durchfährt, allein man verlieret nicht allein nichts von der Klarheit und Lebhaftigkeit des Bildes, sonder man gewinnet noch etwas. Denn weil die Vereinigung durch zwey Gläser genauer in einem Puncte als durch eines geschieht, so kann man dem Objective eine größere Oeffnung lassen, durch welches das Licht, das durch mehrere Gläser in etwas geschwächet würde, sattsam und noch mit einem Vortheile ersetzet wird.

313. Dritte Anmerkung. So wohl in der letzt beschriebenen Einrichtung als in der vorhergehenden hat man forderist Sorge zu tragen, daß niemal kein Glas gar zu nahe zu einem Bilde a b oder $\alpha\beta$ zu stehen komme, sonst würde es bey nahe im Focus der folgenden liegen: die folgenden würden gleichsam ein Mikroscop gestalten, durch welches alle Mackeln, alle Fehler desselben deutlich und sehr groß erscheinen würden, welches dann in Betrachtung der Gegenstände sehr irre macht. Man muß überdas Sorge tragen, daß man Gläser brauche, welche so rein und wohl

polirt sind, als immer möglich ist. Ich habe Fernrohre mit sechs Gläsern nach beyden beschriebenen Arten unter Handen gehabt. In der ersten Einrichtung hab ich eine vorzüglich starke Vergrößerung, in der andern eine vorzügliche Klar- und Deutlichkeit nebst einem großen Feld erhalten.

Drittes Capitel.

Von den Spiegeltelescopen.

314. Weil die Stralen von verschiedenen Farben nicht die nämliche Brechung im Glase leyden, (§. 23.) weil überdas von einem jeden Puncte was immer für eines Objects Stralen von verschiedenen Farben ausfließen, oder zurückgeworfen werden, so können die von einem Puncte ausgefahrenen Stralen durch die Brechung in einem kugelförmigen Glase nimmer mehr genau in einem Punct vereiniget werden: die Bilder, welche durch Objectivgläser gestaltet werden, müssen also nothwendig in etwas undeutlich seyn; und wenn diese undeutlichen Bilder durch ein, sonderbar ziemlich scharfes Ocular betrachtet werden, so kann auch das Sehen nicht vollkommen deutlich seyn. Dieses hat den berühmtesten Optickern Anlaß gegeben auf andere Arten der Telescopen zu gedenken, welche von diesem Mangel befreyet wären. Sie fiengen nämlich an die Bilder in den Telescopen nicht mehr durch Gläser, sonder durch Spiegel zu gestalten. Der erste Urheber solcher Telescopen ist Gregorius in seinem Buch, welches er betitelt Optica promota. Die Einrichtung war diese.

315. HDEK Fig. XLII. sey ein ziemlich weites Rohr gegen dem Object AB offen. An dem andern Ende sey DE ein paraboliſcher Hohlſpiegel in der Mitte bey p durchbohret. Etwas weniges außer dem Focus f dieſes paraboliſchen Spiegels ſtehe ein anderer kleiner Hohlſpiegel LM von Elliptiſcher Geſtalt. In die Oeffnung des großen Spiegels bey p werde ein kleines Rohr mit einem Ocularglaſe eingeſteckt. Wenn nun von was immer für einem Puncte eines Objects etwan vom Puncte F mehrere Stralen, welche wegen der großen Entfernung des ſtralenden Puncts als parallel können angeſehen werden, auf den paraboliſchen Spiegel DE fallen, ſo werden ſie von demſelben alſo zurückſpringen, daß ſie ſich im Focus f wieder genau vereinigen, und folglich den Punct F ſehr lebhaft entwerfen: und wenn eben dieſer Punct f, der eine Focus des Elliptiſchen Spiegels iſt, ſo werden ſie von dieſem abermal zurückgeworfen im andern Focus bey Φ ſich wieder vereinigen, und das zweyte Bild des Puncts F herfürbringen. Wenn endlich das Ocular g in der Entfernung ſeiner Focallänge vom letzten Bilde geſtellet wird, ſo werden die vom Puncte Φ auf daſſelbe fallenden Stralen unter einander parallel und zum deutlichen Sehen tauglich werden.

316. Dieſer war der erſte Entwurf, den Gregorius von einem catadioptriſchen Teleſcope machte. Weil es aber ſehr ſchwer fällt einem Spiegel genau eine paraboliſche oder Elliptiſche Geſtalt zu geben, ſo hat man hierin eine Veränderung gemacht, und anſtatt der paraboliſchen und Elliptiſchen Spiegel ſich kugelförmiger bedienet. Weil dieſe Art der Teleſcope heut zu Tage ziemlich gewöhnlich iſt, ſo will ich ſie etwas genauer beſchreiben.

Es ſey DE (Fig. XLII.) ein kugelförmiger Con-

cav-

cavspiegel, dessen Centrum in C. AB sey ein sehr weit entlegenes Object. ACN wird die Achse des Puncts A, und BCO die Achse des Puncts B und FCp die Achse des Puncts F fürstellen. Weil das Object sehr weit entfernet zu seyn angenommen wird, so können alle aus dem Puncte A auf den ganzen Spiegel DE fallende Stralen als unter einander parallel angesehen werden. Es werden also alle aus A auf den ganzen Spiegel fallende Stralen von demselben also zurückgeworfen, daß sie sich in der Entfernung des halben Radius mit ihrer Achse vereinigen (§. 40.). Es muß demnach in a ein deutliches Bild des Puncts A entworfen werden. Eben so werden die von B auf den Spiegel DE fallenden Stralen in ihrer Achse in b vereiniget werden. Mit einem Worte, es wird in afb ein lebhaftes Bild des Objects AFB abgemalet werden. Nun kann dieses Bild als ein neues stralendes Object betrachtet werden. Wenn also ein anderer kleiner Spiegel LM, dessen Centrum in o, dem Bild afb entgegen gesetzt wird, so wird Lboβ die Achse des Puncts b, und Mao$_\alpha$ die Achse des Puncts a, und foφ die Achse des Pnncts f seyn. Und wenn dieser kleine Spiegel in einer um etwas größern Entfernung vom Bilde afb gestellet wird, als der Focus dieses Spiegels ist, so werden alle vom Puncte a auf den Spiegel fallende Stralen jenseits des Centrum mit ihrer Achse irgendwo etwan in α wieder vereiniget werden. (§. 39.) Eben so werden die von b einfallenden Stralen in β, die von f in Φ wieder versammelt werden, kurz es wird in α Φ β ein zweytes Bild entstehen. (§. 39.) Dieses Bild wird um so viel größer als das erste seyn, so viel oφ größer als of ist. (§. 49.) Wenn nun endlich in g ein Ocularglas so gestellet wird, daß das Bild α Φ β in desselben Focus liegt, so werden die von einem jeden Puncte des Bildes ausfahren-

renden Stralen unter einander parallel werden: die zu den verschiedenen Puncten α und β gehörigen Achsen aber werden durch die Brechung im Oculare gegen einander gebogen, in einem Puncte x sich durchkreuzen. Wenn also ein gutes Aug bey x gesetzt wird, so wird es das Object AB deutlich, vergrößert und in aufrechter Stellung sehen.

317. Die Vergrößerungskraft in diesem Telescope zu berechnen könnet ihr also folgern. Mit dem freyen Auge würde das Object unter dem Winkel ACB oder aCb erscheinen: durch das Telescop sieht man eben dieses Object unter dem Winkel T V oder α g β (denn T x ist parallel mit α g und V x parallel mit β g) Es scheinet also das Object um so viel größer durch das Telescop als mit freyem Auge, um so viel der Winkel x g β den Winkel a C b übertrift. Nun aber verhält sich der Winkel aCb zum Winkel aob wie fo zu fC. Wenn wir also den Winkel aCb mit 1 benennen, so haben wir folgende Proportion.

1:aob::fo:fC. Hiemit ist

$$aob = \frac{fC}{fo}$$ Ferner ist

$$aob \text{ oder } \alpha \text{ o } \beta \text{ oder } \frac{fC}{fo} : \alpha \text{ g } \beta :: \Phi \text{ g } : \Phi \text{ o.}$$

Folglich ist $\alpha g \beta = \frac{f C \times \Phi o}{f o \times \Phi g}$ die verlangte Vergrößerung.

Exempel.

318. Wir wollen setzen, der größere Spiegel DE habe 115.2 Linien im Focus: des kleinern L M Focallänge sey 18 Linien: die Entfernung des kleinern Spiegels von dem grö-

größern sey 135.5 Linien: die Focallänge g ⊙ des Ocularglases sey 12 Linien, wie stark wird die Vergrößerung seyn?

Weil der Focus des größern Spiegels =115.2 Linien, so ist pf=115.2=fC (§. 40.) Weil der Focus des kleinern Spiegels =18, so ist sein Radius on=18×2=36. Und weil die Entfernung pn beyder Spiegel von einander =135.5, so ist fn=pn—pf=135.5—115.2=20.3. Um also nΦ die Entfernung des zweyten Bildes vom kleinern Spiegel zu finden haben wir in der allgemeinen Formel für Concavspiegel $x = \frac{dr}{2d-r}$ (§. 39.) d=20.3 und r=36. Hieraus entsteht x=158.87=nΦ.

Folglich ist Φo=Φn—no=158.87—36=122.87; und fo=no—nf=36—20.3=15.7.

Wenn wir nun in der für die Vergrößerungskraft gefundenen Formel $\alpha g \beta = \frac{fC \times \Phi o}{fo \times \Phi g}$ anstatt der Linien ihre Werthe setzen, so haben wir

$$\alpha g \beta = \frac{115.2 \times 122.87}{15.7 \times 12} = 75 \text{ bey nahe.}$$

Dieses Telescop würde hiemit den Durchmesser des Objects bey nahe 75mal vergrößern.

319. Das Feld werdet ihr in dieser Gattung der Telescope bestimmen können, wenn ihr also folgeret. Wenn uns die Oeffnung des Diaphragma, welches bey βx muß gestellet werden, bekannt ist, so können wir den Winkel αoβ finden; denn neben der Grundlinie αβ sind noch die zwo anderen Seiten oα und oβ bekannt; denn diese können

ohne

ohne merklichen Fehler dem in dem vorhergehenden §. gefundenen Φo gleich angenommen werden. Wir können also aus den dreyen bekannten Seiten den Winkel $\alpha o \beta$ auf die Art, wie §. 271. ist angezeigt worden, berechnen. Der Winkel $\alpha o \beta$ ist gleich a o b: der Winkel a o b aber verhält sich zum Winkel aCb wie Cf zu fo. Folglich ist aCb

$$= \frac{\alpha o \beta \times fo}{Cf}.$$

Nun aber ist der Winkel aCb oder ACB das verlangte Feld.

Man kann also das Feld zu bestimmen ganz kurz diese Regel geben. Berechnet den Winkel $\alpha o \beta$, multiplicieret ihn mit fo, und dividieret das Product durch fC: der Quotient ist das Feld.

Exempel.

320. Die Oeffnung des bey α β gestellten Diaphragma sey 3 Linien: die übrige Einrichtung des Telescops sey wie im 318.ten §. ist gesagt worden. Wie groß wird das Feld seyn?

Wir haben im 318.ten §. gefunden

Cf = 115.2

fo = 15.7

Φo = 122.87

Folglich ist αo = 122.87

$\alpha\beta$ ist = 3

Logarithm. von αo	2.089552
dessen Arithmetisches Complement . . .	7.910448
Logarithm. von halb $\alpha\beta$. .	0.176091
Summe, und Sinus des halben Winkels aob .	8.086539
die Hälfte des Winkels $\alpha o \beta$ oder a o b	42′

der

der ganze Winkel aob . . . . . $42 \times 2 = 84'$

das Feld . . . . . $\frac{84 \times 15.7}{115.2} = 11'.$

321. Dieses Telescop hätte also bey einer 75maligen Vergrößerung nur 11 Minuten Feld. Die starke Vergrößerung in diesen Telescopen rühret daher, weil man viel kleinere Oculargläser brauchen kann als bey gemeinen aus Gläsern zusammengesetzten Fernrohren. Denn weil die Bilder in diesen Telescopen durch Spiegel gestaltet werden, so werden die von einem Puncte des Objects ausfahrenden Stralen, ob sie schon von verschiedenen Farben sind, doch wieder fast genau in einen Punct versammelt: das Bild $\alpha\beta$ ist also weit netter, als wenn es durch Gläser wäre gestaltet worden. Daher kann man eben dieses Bild auch durch weit kleinere Oculare betrachten, ohne der Deutlichkeit zu schaden. Aber eben daher weil man sich in diesen Telescopen so kleiner Oculare bedienet, kömmt es, daß sie ein so kleines Feld haben. Denn wenn man ein Bild $\alpha\beta$ durch ein so kleines Ocular deutlich sehen will, so muß es ebenfalls ziemlich klein seyn, sonst würden seine äußersten Puncte nicht mehr im Focus des Oculars liegen, wenn anderst der mittlere Punct darin liegt: und diese in sich selbst zwar kleine Abweichung vom Focus ist bey einem so scharfen Oculare schon erklecklich, daß die von diesen äußersten Puncten des Bildes einfallenden Stralen durch die Brechung im Oculare nicht mehr unter einander parallel werden und eben darum zum deutlichen Sehen nicht mehr taugen.

322. Ich muß noch einige Anmerkungen machen, welche bey der Einrichtung der Telescope von dieser Art nothwendig müssen beobachtet werden.

Erstens

Erstens und foderst müssen die Spiegel sehr wohl geschliffen und sehr fein polirt seyn, damit sie das vom Objecte einfallende Licht zugleich in gehöriger Ordnung, und in genugsamer Menge zurückwerfen.

Zweytens müssen beyde Spiegel so gestellet werden, daß ihre Achsen in einer mitten durch das Rohr laufenden Linie liegen. Denn sollte ein Spiegel z. E. der kleinere schief gegen dem andern stehen, und seine Achse etwan in die Höhe steigen, so würde auch das Bild $\alpha\beta$ sich erheben, und eben darum nicht mehr in das im großen Spiegel eröffnete Loch, oder doch nicht mehr mitten in dasselbe fallen; daher man dann dasselbe durch das Ocular nicht mehr wohl sehen könnte. Zu dem so würde in diesem Falle das Bild $\alpha\beta$, welches allezeit auf die Achse des kleinen Spiegels perpendicular steht, eine gegen dem Oculare TV schiefe Lage haben. Es würden also, wenn der mittlere Punct im Focus des Oculars liegt, die obern Puncte desselben eine größere, die untern eine kleinere Entfernung vom Oculare haben, als dessen Focallänge beträgt, und folglich würden weder diese noch jene deutlich mögen gesehen werden.

Drittens muß der kleine Spiegel in etwas beweglich seyn, also daß er um etwas näher zum größern Spiegel geschoben, oder auch etwas weiter von demselben weggerücket werden kann: denn weit entfernte Objecte werden näher bey dem großen Spiegel DE entworfen, als andere, die nicht so weit entfernet sind. (§. 39.) Wenn also der kleinere Spiegel unbeweglich wäre, so würde das Bild ab bald eine größere bald eine kleinere Entfernung von demselben haben, nachdem nämlich das Object mehr oder weniger entfernet ist: und weil ein kleiner Unterschied in der Entfer-

nung

nung des Bildes ab vom Spiegel L M das Ort des zweyten Bildes schon merklich änderet, so muß dem kleinen Spiegel eine sehr sanfte Bewegung durch eine feine Schraube gegeben werden können, damit also das Bild ab jederzeit die nämliche Entfernung vom Spiegel LM bekomme, und eben darum das zweyte Bild immer am nämlichen Orte, das ist im Focus des Ocularglases entworfen werde.

Viertens muß das Rohr inwendig sehr schwarz angestrichen werden. Denn weil die Rohre bey diesen Telescopen ziemlich weit sind, und eine große Oeffnung haben, so fällt durch diese große Oeffnung sehr viel fremdes Licht von den umliegenden Dingen, ja auch vom Luft selbst und von dem Dunstkraise ein, welches nicht zu dem Objecte, das man betrachten will, gehöret. Wenn nun dieses fremde Licht von den Wänden der Rohre zurückgeworfen und bis an das Ort des Bildes $\alpha \beta$ gebracht wird, so muß es nothwendig die Lebhaftigkeit und Deutlichkeit dieses Bildes verderben. Dieses dann zu vermeiden werden die Wände schwarz angestrichen, damit das einfallende falsche Licht von der schwarzen Farbe verschlungen werde.

Fünftens muß das Röhrchen, in welchem das Ocular steht, mit einem Deckel also verschlossen werden, daß nur ein sehr kleines Löchlein etwan den dritten Theil einer Linie groß gelassen werde. Denn ohngeachtet der schwarzen Wänden, ohngeachtet des engen am Orte des Bildes $\alpha \beta$ gestellten Diaphragma, wird dennoch noch einiges falsches Licht auf das Ocular fallen, das nicht zum Objecte, das man betrachten will, gehöret, welches dann durch diese so kleine Oeffnung vom Auge, so viel möglich ausgeschlossen werden muß. Eben dieses Deckelchen soll von außen, wo

Spengler.

das Aug daran gelegt wird, eine runde Vertiefung haben: damit das Aug, wenn es in dieser Vertiefung liegt, von allem auswärtigen fremden Licht befreyet werde.

Sechstens muß eben dieser Deckel in der gehörigen Entfernung von dem Ocularglase angebracht werden. Damit nämlich die vom Bilde $\alpha\ \beta$ auf das Ocular fallenden Stralen alle auf die Oeffnung treffen. Diese Entfernung kann leicht bestimmet werden, wenn man aus dem bekannten Radius des Oculars und aus der Entfernung og des Puncts o, in dem sich die Achsen durchschneiden, den Vereinigungs Punct x suchet. In unserm oben gesetzten Exempel findet man $g\ x = 13$ Linien.

Siebentens dem großen Spiegel muß man eine proportionierte Oeffnung geben, welche weder gar zu groß, noch zu klein ist. Wäre sie zu groß, so würden die von einem jeden Puncte des Objects auf den Spiegel einfallenden Stralen nicht mehr genau genug in einen Punct durch die Reflexion vereiniget werden; wäre sie aber zu klein, so würde das einfallende Licht zuviel geschwächet, und den Bildern die Lebhaftigkeit benommen. Unterdessen läßt sich hart eine allgemeine Regel geben, wie groß die Oeffnung dieses Spiegels DE seyn darf, indem es auch sehr viel von der mehr oder minder genauen Figur des Spiegels abhängt. Ich will unten in einer Tabelle diese Oeffnung ansetzen, wie sie Herr Robert Schmith in seiner vollständigen Optick bestimmet. Ist die Oeffnung des großen Spiegels DE bekannt, so läßt sich die Oeffnung, die der kleine bekommen muß, gar leicht bestimmen; denn sie muß eben so groß seyn, daß alle von einem Puncte des Objects kommende und parallel auf den großen Spiegel fallende Stralen, nach ihrer Reflexion auf den kleinen Spiegel treffen. Denn hätte er ei-

ne

ne kleinere Oeffnung, so würden einige vom großen zurückgeworfene Stralen nicht mehr auf den kleinen fallen, und hiemit verlohren gehen. Hätte er aber eine größere Oeffnung, so würde er mehrere einfallende Stralen verhindern, daß sie nicht auf den großen Spiegel fallen könnten. Ihr könnet also aus der bekannten Oeffnung des großen Spiegels, und aus dem ebenfalls bekannten Focus desselben, und endlich aus der Entfernung des kleinen Spiegels von diesem Focus die Oeffnung des kleinen bestimmen, indem ihr diese Proportion machet

Pf:fn::DE:LM

Ist die Oeffnung des kleinen Spiegels gefunden, so wisset ihr ebendarum, wie groß das Loch in der Mitte des großen Spiegels zu machen sey; denn dieses muß der Oeffnung des kleinen Spiegels wenigst sehr nahe gleich seyn. Denn wäre es größer; so würden viele Stralen, welche durch die Reflexion des großen Spiegels auf den kleinen könnten gebracht werden, nicht auf den Spiegel sonder auf das allzugroße Loch fallen. Wäre es kleiner, so würden einige dem Loche nahe liegende Theile des großen Spiegels in dem vom kleinen geworfenen Schatten liegen, und eben darum unnütz seyn.

323. Nach den angeführten Grundsätzen ist folgende Tabelle berechnet, in welcher die Einrichtung einiger Gregorianischer Telescope nach allen ihren Theilen samt der Vergrößerungskraft und dem Felde angesetzet sind. Diese Tabelle zu verstehen muß man die XLII. Figur vor Augen haben; da man dann sehen wird, daß fp den Focus des großen Spiegels, hn die Focallänge des kleinen, pn die Entfernung beyder Spiegeln von einander, Φg die Focallänge des Oculars, gp dessen Entfernung vom großen

Spiegel, pD die halbe Oeffnung des großen Spiegels, nL die halbe Oeffnung des kleinen, Φα die halbe Oeffnung des Diaphragma und gα die Entfernung des Auges vom Oculare bedeute. Es sind aber alle Längen in Zollen ausgedrückt.

fp	hn	P n	Φg	gP	PD	nL	Φα	gα	Vergrößerung.	Feld.
5.65	1.013	6.781	1.223	4.151	0.773	0.155	0.208	1.42	39.7mal	29′
9 6	1.5	11.253	1.565	6.517	1.15	0.198	0.25	1.75	60.	18′.2
15.5	2.148	17.843	1.973	9.939	1.652	0.250	0.292	2.15	86.5	11′.46″
36	3.432	39.724	2.561	6.607	3.132	0.324	0.375	2.73	165	6′.

324. Das Feld in etwas zu erweitern kann man ein Collectivglas vor das Bild $\alpha\ \Phi\ \beta$ stellen, damit die von verschiedenen Puncten des Objects kommenden Achsen durch dasselbe convergierend gemacht, und also mehrere in die Oeffnung des Diaphragma gebracht werden. Der berühmte Engelländische Mathematiker Herr Robert Schmith rathet diese Gläser also einzurichten. Wenn ihr wisset, daß mit einem Oculare etwan von einem Zolle das Object durch das Telescop genugsam vergrößert, und doch deutlich fürgestellet wird, so nehmet ein Collectiv von einer doppelt so großen Focallänge, nämlich in unserm Exempel von 2 Zollen: stellet es in der Entfernung seiner halben Focallänge, nämlich in unserm Exempel 1 Zoll weit vor dem Bilde, welches von dem kleinen Spiegel ohne Dazwischensetzung des Collectivs würde gestaltet werden. Alsdenn brauchet ein Ocular, dessen Focallänge nur $\frac{2}{3}$ eines Zolles betrage, und stellet es in eben dieser Entfernung hinter dem Bilde, welches durch das Collectiv gestaltet wird. Auf solche Art werdet ihr eben die vorige Vergrößerung, und zugleich ein größeres Feld erhalten.

325. Wir wollen in unseren oben §. 318 und 320. gesetzten Exempeln die Anwendung und zugleich die Probe machen.

Es sey, (Fig. XLIII.) was die Spiegel betrift, alles wie in den angeführten Exempeln: g ein Collectivglas von 2 Zollen im Focus, einen Zoll weit vor dem Bilde m n; Z ein Ocular von $\frac{2}{3}$ eines Zolls oder 8 Linien im Focus, und eben so weit hinter dem durch das Collectiv gestalteten Bilde $\alpha\ \beta$. Das Object A B wird um so viel größer durch das Telescop als mit freyem Auge erscheinen, um so viel der Winkel ISR den Winkel ACB übertrift. Nun aber

iſt ACB oder aCb:aob::of:fC

Folglich iſt, wenn aCb mit x benennet wird, $aob = \frac{fC}{fo}$

aob oder QoN:QVN::gV:og folglich iſt

$$QVN = \frac{fC \times og}{fo \times gV}$$

QVN:ISR::ZS:ZV folglich iſt

$$ISR = \frac{fC \times og \times ZV}{fo \times gV \times ZS}$$ die Vergrößerung.

Um nun die Werthe aller dieſer Linien zu bekommen, ſo ſind die Werthe aller derer, die von den Spiegeln allein abhangen, ſchon oben §. 318. gefunden worden. Sie ſind folgende

fC=115.2
hn=18
on=36
Pn=135.5
fn=20.3
ϕn=158.87
ϕo=122.87
fo=15.7

Die übrigen zu bekommen müſſet ihr aus der gegebenen Entfernung des Puncts o vom Collective, und aus dem bekannten Radius eben dieſes Collectives nach Vorſchrift der Formel §. 97. den Punct V beſtimmen, in welchem ſich dieſe divergierend aus o auf das Collectiv fallenden Achſen nach der Brechung im Collective vereinigen würden. Zweytens müſſet ihr nach Vorſchrift der Formel (§. 100.) den Punct t ſuchen, in welchem der Punct F des Objects nach der Brechung im Collective wird entworfen wer-

werden. Drittens endlich müsset ihr nach Vorschrift eben dieser Formel §. 100. den Punct S berechnen, in welchem sich die angezeigten Achsen nach der Brechung im Oculare vereinigen. Ihr werdet alles dieses finden, wie es hier steht.

$\Phi g = 12$

$og = o\Phi - \Phi g = 110.87$

$gV = 30.6$

$gt = 8$

$tZ = 8$

$Zg = 16$

$ZV = 14.6$

$ZS = 5.17$

folglich ist $\frac{fC \times og \times ZV}{of \times gV \times ZS} = \frac{115.2 \times 110.87 \times 14.6}{15.7 \times 30.6 \times 5.17} = 75$ wie oben.

326. Wenn euch die Oeffnung des bey $\alpha\ \beta$ gestellten Diaphragma bekannt ist, so könnet ihr aus dieser Oeffnung $\alpha\ \beta$ und aus den bekannten Seiten αV und $\beta V = t V$ den Winkel $\alpha V \beta$ finden, wie §. 271. ist angezeiget worden. Nun ist

$\beta V \alpha$ oder $QVN : QoN :: go : gV$ folglich ist

$$QoN = \frac{\beta V \alpha \times g V}{go}$$ ferner ist

QoN oder $boa : bCa :: fC : fo$ folglich ist

$$bCa = \frac{\beta V \alpha \times gV \times fo}{go \times fC}$$ das Feld.

Man kann hiemit in dieser Einrichtung das Feld zu bestimmen kurz diese Regel geben. Suchet den Winkel $\beta V \alpha$, multiplicieret ihn mit $g V$ und alsdenn mit

so. Multiplicieret ferner go mit fC : dividieret das erste Product durch das letzte, der Quotient giebt das Feld. Wenn ihr die Oeffnung des Diaphragma, wie oben, 3 Linien groß setzet, so findet ihr für das Feld anstatt 11 Minuten (so groß war das Feld, da kein Collectiv gebraucht wurde) 17 Minuten.

327. Man könnte das Feld noch auf eine andere Art erweitern, wenn man nämlich das Bild $\alpha\beta$ anstatt eines Oculars von einem kleinen Focus durch zwey von einem merklich größern Focus betrachtete, eben auf die Art, wie §. 235. bey den Mikroscopen und §. 301 bey den gemeinen Fernrohren ist erkläret worden. Denn diese zwey Oculare von einer größern Focallänge könnten durch die doppelte Brechnung zur Vergrößerung eben so viel beytragen als eines von einem kleinern Focus, sie würden aber zugleich eben darum, weil sie eine größere Focallänge haben, eine größere Oeffnung des Diaphragma ertragen können, und eben darum das Feld erweitern.

328. In der folgenden Tabelle ist die Wirkung einiger gregorianischer Telescope mit einem Collective und einem Ocular berechnet. Was die Spiegel betrift, ist alles angenommen, wie in der oben angesetzten Tabelle. Das übrige belangend bedeutet g n die Entfernung des Collectivs vom kleinen Spiegel, gZ die Entfernung des Collectivs vom Ocular, t β die halbe Oeffnung des Diaphragma, SZ die Entfernung des Auges von dem Ocular.

Focus des Collectivs.	Focus des Oculars.	gn	gZ	tβ	ZS	Vergrößerung.	Feld.
2.446	0.814	8.486	1.629	0.208	0.602	39,7mal	44′.
3.13	1.043	14.64	2.086	0.25	0.707	60	27
3.973	1.315	23.836	2.63	0.292	0.838	86.5	18
5.122	1.77	41.309	3.414	0.375	1.031	165	9′

329. Der berühmte Engeländer Herr Cassegrain hat die Einrichtung eines gregorianischen Telescops in etwas abgeändert. Er bedienet sich anstatt des kleinen Concavspiegels eines Convexspiegels.

330. Es sey DE (Fig. XLIV. Tab. X. ein Concavspiegel von 15.5 Zollen im Focus, C dessen Centrum, AB ein so weit entlegenes Object, daß alle von einem Puncte auf den ganzen Spiegel fallende Stralen als unter einander parallel können angesehen werden. Alle vom Puncte A auf den Spiegel fallende Stralen würden sich mit ihrer Achse in der Entfernung der Focallänge vom Spiegel DE, nämlich in a, die von B ausgefahrenen in b vereinigen: kurz es würde in ab ein deutliches Bild des Objects AB entstehen, wenn anderst die Stralen ungehindert bis dahin kommen könnten. Nun stelle man in n einen kleinen Convexspiegel, dessen Focallänge nt=2.196 Zolle, die Entfernung nT desselben vom Bilde ab aber 1.992 Zolle betrage. Die vom großen Spiegel zurückgeworfenen Stralen werden hiemit also auf den kleinen Convexspiegel fallen, daß sie gegen einem 1.992 Zolle hinter demselben liegenden Puncte T zielen. Sie werden demnach nach der zweyten Reflexion irgendwo ein Bild α ß gestalten. Den Ort l dieses Bil-

des zu finden dienet euch die Formel $x = \frac{dr}{2d - r}$. Ihr bekommet x oder $nl = 21.443$. Wenn man alſo ein Ocularglas g von 1.797 Zolle im Focus in eben dieſer Entfernung vom Bilde $\alpha\beta$ ſtellet, ſo werden alle von einem jeden Puncte deſſelben ausfahrende Stralen unter einander parallel werden. Ein in o ſtehendes Auge wird demnach das Bild $\alpha\beta$ und in dieſem das Object AB deutlich aber verkehrt ſehen.

Die ſcheinbare Größe durch das Teleſcop verhält ſich zur ſcheinbaren Größe vom freyen Auge, wie der Winkel roq oder $\alpha g \beta$ zum Winkel ACB oder aCb. Nun iſt

ACB oder aCb:acb::Tc:TC

Wenn alſo aCb mit x benennet wird, ſo iſt

$$acb = \frac{TC}{Tc}.$$ Ferner iſt

bca oder $\beta c\alpha : \beta g\alpha :: gl : lc$ folglich iſt

$$\beta g\alpha = \frac{TC \times lc}{Tc \times gl}$$ die Vergrößerung.

Wenn wir in unſerm Exempel die Anwendung machen, ſo finden wir

$$\beta g\alpha = \frac{15.5 \times 25.835}{2.4 \times 1.797} = 93$$ bey nahe.

331. Nur jene Puncte des Bildes $\alpha\beta$ können von dem in o ſtehenden Auge geſehen wrrden, derer vom Spiegel LE zurückgeworfene Achſen noch durch die Oeffnung des bey $\alpha\beta$ geſtellten Diaphragma fahren. Wir wollen ſetzen car und $c\beta q$ ſeyen dieſe Achſen. Weil euch αC und $\beta C = lc$ bekannt ſind, ſo könnet ihr, wenn euch überdas die Oeff-

nung

nung αβ des Diaphragma gegeben ist, den Winkel αCβ finden. Nun aber ist

αCβ oder acb:aCb::TC:Tc. Folglich ist

$$aCb = \frac{\alpha C \beta \times Tc}{TC}.$$

Man kann also das Feld dieses Telescops zu finden diese Regel geben. Suchet den Winkel αCβ: multiplicieret ihn mit Tc: das Product dividiret durch TC: der Quotient ist das Feld.

Wenn wir in unserm Exempel setzen, die halbe Oeffnung des Diaphragma betrage 0.292 Zolle. So finden wir αCβ=1°.17'.40"=4660". Hieraus entsteht aCb=12' das Feld.

332. Das Neutonianische Reflexions Telescop ist noch zu erklären übrig. DE (Fig. XLV.) sey ein Hohlspiegel, dessen Focus in F, das Centrum in C: AB ein so weit entferntes Object, daß alle von einem jeden Puncte auf den Spiegel fallende Stralen gleichsam unter einander parallel sind. Alle von was immer für einem Punete desselben auf den Spiegel fallende Stralen werden sich nach der Reflexion in der Entfernung des Focus wieder mit ihrer Achse vereinigen. Folglich würde bey F das Bild ab entstehen, wenn anderst die Stralen ungehindert dahin gelangen könnten. Allein weil man dieses Bild ab nicht gerade ansehen kann ohne den Kopf vor die Oeffnung des Rohres zu stellen, und also die mehresten vom Objecte einfallenden Stralen aufzufangen, und zu verhindern, daß sie nicht auf den Spiegel fallen können, so muß man dieses Bild zur Seite des Rohres werfen. Dieses geschieht durch Hilfe eines kleinen Planspiegels ih, welcher unter dem Winkel von 45 Graden, gegen die Achse des Spiegels incliniret ist. Solcher Gestalt werden alle auf diesen Planspiegel fallende Stralen in eben

je-

jener Ordnung, in welcher ſie dahin gekommen ſind, zurückgeworfen werden. (§. 43.) Und alſo zur Seite das Bild αß gestalten, welches dem Bilde ab, das ohne Planſpiegel würde entworfen werden, in allem gleich ſeyn, und eben ſo weit vor dem Planſpiegel ſtehen wird, als jenes hinter dem Spiegel entſtehen würde. Wenn nun ein Ocularglas g alſo geſtellet wird, daß das Bild αß in deſſelben Focus liegt, ſo werden alle zu was immer für einem Puncte gehörige Stralen unter einander parallel gemacht, und folglich das Bild αß, und in dieſem das Object AB deutlich aber verkehrt geſehen werden.

333. Vom freyen Auge würde das Object unter dem Winkel ACB geſehen werden. Durch das Teleſcop erſcheinet es unter dem Winkel nom. Die ſcheinbare Größe durch das Teleſcop verhält ſich alſo zur ſcheinbaren Größe vom freyen Auge wie mon zu ACB. Nun aber iſt der Winkel ACB=aCb=βuα; weil die vom Planſpiegel zurückgeworfenen Achſen die nämliche Richtung und Inclination gegen einander behalten, die ſie vorhin hatten. Ferner iſt mon=βgα; weil die vom Puncte β auf das Ocular fallenden Stralen mit ihrer Achſe βg, und die von α ausgehenden mit der ihrigen αg parallel werden. (§. 99.) Es verhält ſich hiemit die ſcheinbare Größe im Teleſcope zur ſcheinbaren Größe vom freyen Auge wie βgα zu βuα, das iſt wie fu zu fg, oder wie FC zu gf, das iſt, wie die Focallänge des Concavſpiegels zur Focallänge des Oculars. Wir haben demnach

ACB:mog::fg:FC oder Fp. und wenn ACB mit I benennet wird, ſo iſt

$$mog = \frac{Fp}{fg} \cdot I$$

Man

Man kann alſo die Vergrößerungskraft eines Neutoniſchen Reflexious Teleſcop zu beſtimmen dieſe kurze Regel geben. **Dividieret die Focallänge des Hohlſpiegels durch die Focallänge des Oculars.**

334. Weil alle Stralen in eben derſelben Ordnung vom Planſpiegel zurückſpringen, in welcher ſie auf ihn gefallen ſind, ſo werden die Achſen $h\alpha$ und $i\beta$ eben ſo weit vor dem Spiegel ſich vereinigen, als weit hinter demſelben die Vereinigung geſchehen wäre, wenn ſie ungehindert hätten fortfahren können. Es iſt alſo KC=Ku. und KF=Kf: folglich FC=fu. Wenn nun $\beta\alpha$ die Oeffnung des am Orte des Bildes geſtellten Diaphragma fürſtellet, ſo iſt $\beta u\alpha$ =bCa das Feld des Teleſcops. Man kann alſo das Feld eines Neutoniſchen Teleſcops zu berechnen dieſe kurze Regel geben. **Berechnet aus den bekannten Seiten βu und αu** (ſie können ohne einen Fehler zu beförchten, beyde = fu=FC= der Focallänge des Hohlſpiegels angenommen werden) **und aus der ebenfalls bekannten Oeffnung des Diaphragma den Winkel $\beta u\alpha$: eben dieſer iſt das Feld des Teleſcops.**

335. Weil fu=FC, und weil fg ebenfalls bekannt iſt: ſo iſt auch gU bekannt. Ihr könnet alſo, wenn euch der Radius des Oculars gegeben iſt, die Linie go oder den Punct o, in welchem das Aug muß geſtellet werden, durch Hilfe der Formel $x = \frac{10dr}{11d+10r}$ finden.

336. Der Planſpiegel hi muß ſo groß ſeyn, daß er alle vom Hohlſpiegel DE zurückſpringende Stralen auffange: er muß zugleich ſeinem Umfange nach eine Elliptiſche Geſtalt bekommen; denn die zu einem jeden Puncte des Objects

(z. E. zum mittlern Puncte desselben gehörigen Stralen stellen, da sie vom Hohlspiegel zurückspringen, einen Kegel für, welcher den Hohlspiegel zu seiner Grundfläche und den Punct F zu seinem Gipfel hat. Diesen Kegel schneidet der Planspiegel schief; denn er ist unter einem Winkel von 45 Graden auf die Achse pF dieses Kegels incliniret. Nun ist ein schiefer Durchschnitt eines Kegels ein Ellips: dieser Spiegel muß also eine Elliptische Fläche seyn. Den größten und kleinsten Diameter dieser Ellips, kann man aus geometrischen Gründen leicht berechnen.

337. Sehet hier eine Tabelle, in welcher die Einrichtung einiger Telescope samt ihrer Vergrößerungskraft verzeichnet ist, wie sie von H. Robert Schmith angegeben wird.

Focus des Concavspiegels.	Dessen Oeffnung.		Focus des Oculars.	Vergrößerung.
Schuhe.	Zoll.	Lin.	Linien	
$\frac{1}{2}$	0.	11	2,00	36mal
1	1.	6	2,39	60
2	2.	6	2,83	102
3	3.	3	3,13	138
4	4.	1	3,37	171
5	4.	10	3,54	202
6	5.	7	3,73	232
7	6.	3	3,88	260
8	6.	11	4,01	287
9	7.	7	4,13	314
10	8.	2	4,24	340
11	8.	9	4,34	365
12	9.	4	4,44	390

Viertes Kapitel.

Von dollondischen Fernrohren.

338. Auf die im vorhergehenden Kapitel beschriebene Art suchte man den Fehler, der aus der verschiedenen Brechung der Stralen von verschiedenen Farben in den Fernrohren entstehen mußte, zu verbessern. Man verwarf die aus Gläsern geschliffene Objective; weil man dafür hielt, es sey nicht möglich, durch die Brechung in Gläsern die von einem Puncte eines Objects ausgefahrenen Stralen, wenn sie von verschiedenen Farben wären, wieder in einen Punct zu vereinigen, welches dann auch wirklich wahr wäre, wenn es nicht Gläser von verschiedener Art gäbe, in welchen der Unterschied der Brechung des rothen und des blauen Strals ebenfalls verschieden ist. Allein der berühmte Engelländer Herr Dollond hat durch mit größter Sorgfalt angestellte Versuche entdecket, daß dieser Unterschied der Brechung nicht in allen Gläsern der nämliche sey. Er fand in Engeland zwo Gattungen Gläser, man nennet das eine **Cronglas**, das andere das **Flintglas**, in welchem die er Unterschied der Brechung sich verhält wie 3 zu 2. Er richtete dann seine Gedanken dahin, durch gehörige Vereinigung dieser Gläser von verschiedener Gattung Objective zu gestalten, die durch die Brechung alle parallel einfallende Stralen, von was immer für Farben sie wären, wieder in einen Punct zusammen brächten. Ich will mich befleißen, diese so schöne, und zur Verbesserung der Fernrohre so vorträgliche Erfindung, so viel es seyn kann, deutlich vorzutragen. Es kömmt die ganze Sache auf die Auflösung zwoer Aufgaben an. Erstens Wenn der Unterschied der Brechung der rothen und der blauen Stralen

len in zwoen Gattungen der Gläsern und überdas der Radius des einen Glases gegeben ist, den Radius des andern finden, damit alle Stralen durch die Brechung in einen physischen Punct versammelt werden. Zweytens. Wenn eben dieser Unterschied in zwoen Gattungen der Gläsern bekannt ist, den Radius finden, nach welchem beyde Gläser geschliffen werden müssen, um einen Focus von gegebener Länge zu erhalten, in welchem sich alle Stralen vereinigen.

339. Vor ich zur Auflösung dieser zwo Aufgaben schreitte, wollen wir die §. 71. erwiesene allgemeine Formel für die Stralenbrechung für die Hande nehmen. Wenn wir in dieser allgemeinen Formel die Dicke des Glases verachten, und folglich alle jene Glieder, in denen e ein Factor ist, weglassen, so wird sie in diese verwandelt.

$$x = \frac{dqr}{2pd - 2qd - qr}$$

340. Wenn wir $q = 1$ annehmen, so entsteht

$$x = \frac{dr}{2pd - 2d - r} = \frac{dr}{2(p-1)d - r}$$

341. Und wenn wir $d = \infty$ setzen, welches bey parallel einfallenden Stralen Statt hat, so wird

$$x = \frac{r}{2p - 2} = \frac{r}{2(p-1)}.$$

342. Wenn man zwey Gläser zusammen setzen will, in denen der Unterschied der Brechung der blauen und rothen Stralen zwar verschieden ist, doch so, daß der blaue Stral immer stärker als der rothe gebrochen wird, so ist klar,

klar, daß das eine Glas hohl, das andere erhaben müsse geschliffen werden. Denn wären beyde hohl, so würde man keinen wahren Focus parallel einfallender Stralen erhalten, sonder einen Virtualfocus, das ist, die Stralen würden durch die Brechung nicht versammelt sonder verstreuet werden. Wären aber beyde convex, so würden die blauen Stralen in beyden stärker gegen die Achse gebrochen, als die rothen, und folglich auch früher als die rothen mit ihrer Achse vereiniget werden. Ferner ist klar, daß der Radius des Hohlglases größer seyn müsse, als jener des convexen, denn sonst würde man abermal keinen wahren sonder nur einen Virtualfocus erhalten. Dieses vorausgesetzt, lasset uns zur Auflösung der ersten Aufgabe schreiten.

Erste Aufgabe.

343. **Wenn der Unterschied der Brechung der Stralen von verschiedenen Farben in zweyerley Gattungen der Gläser, und überdas der Radius des einen Glases gegeben ist, den Radius des andern finden.**

Auflösung. Der Unterschied der Brechung im Hohlglase muß sich zum Unterschiede der Brechung im erhabenen Glase verhalten, wie der Radius des Hohlglases zum Radius des errhabenen.

Beweis. Es sey AB ein beyderseits gleich hohlgeschliffenes Glas, dessen Radius $=R$, CD aber ein beyderseits gleich convexes Glas, dessen Radius $=r$. Es sey aber R größer als r. Den Virtualfocus des hohlgeschliffenen Glases zu bestimmen dienet die Formel §. 339.

$$x = \frac{R}{2(p-1)}$$

344. Es wird aber ein anderer Werth von p bey den rothen, ein anderer bey den violeten Stralen seyn: und zwar wird dieser Werth kleiner bey den rothen, und grö-ßer bey den violeten Stralen seyn, als welche stärker ge-brochen werden. Wir wollen setzen, er sey bey den rothen so beschaffen, daß $p-1=a$; bey den violeten so, daß $p-1=b$. Der Virtualfocus der rothen Stralen wird hie-mit seyn (§. 341)

$$x=\frac{R}{2a}=RK$$

und der Focus der violeten

$$x=\frac{R}{2b}=RI$$

344. Setzen wir ferner, diese im hohlgeschliffenen Gla-se AB gebrochenen Stralen werden durch ein beyderseits gleich convexes Glas CD, dessen Radius $=r$ ist, aufgefan-gen. Dieses zweyte Glas wirke auf die rothen Stralen eben wie das vorige, daß also $p-1$ wieder $=a$. Auf die vio-leten aber wirke es anderst als das vorige, und so, daß $p-1=m$. Die allgemeine Formel den wahren Focus der aus K und I divergierend einfallenden Stralen zu finden wird diese seyn (§. 340.)

$$x=\frac{dr}{2pd-2d-r}=\frac{dr}{2(p-1)d-r}.$$

345. Nun ist für die rothen Stralen $p-1=a$, und für die violeten $p-1=m$. Wenn wir also diese Werthe anstatt $p-1$ setzen, so entsteht

$$x=\frac{dr}{2(a)d-r}=\frac{dr}{2ad-r}$$ für die rothen

und

und $x = \frac{dr}{2(m)d - r} = \frac{dr}{2md - r}$ für die violeten.

346. Ferner ist d die Entfernung des Puncts K, aus welchem die rothen Stralen einfallen, $= KR = \frac{R}{2a}$ (§. 343.) Setzen wir diesen Werth anstatt d in der Formel für die rothen Stralen, nämlich in der Formel $x = \frac{dr}{2ad - r}$ (§. 345.) so bekommen wir

$$x = \frac{Rr}{2a} : \left(\frac{2aR}{2a} - r\right) \text{ oder}$$

$$x = \frac{Rr}{2a} : (R - r) \text{ oder endlich}$$

$$x = \frac{Rr}{2aR - 2ar}$$: den wahren Focus der rothen Stralen nach der zweyten Brechung.

347. Bey den violeten Stralen ist d die Entfernung des Puncts I, von dem sie einfallen, gleich $IR = \frac{R}{2b}$ (§. 343) Setzen wir diesen Werth in der Formel für die violeten Stralen (§. 345) nämlich in der Formel $x = \frac{dr}{2md - r}$ so entsteht

$$x = \frac{Rr}{2b} : \left(\frac{2mR}{2b} - r\right) \text{ oder}$$

$$x = \frac{Rr}{2b} : \left(\frac{2mR - 2br}{2b}\right) \text{ oder}$$

$$x = \frac{2bRr}{4bmR - 4b^2r} = \frac{Rr}{2mR - 2br}.$$

348. Wenn nun nach der zweyten Brechung im zweyten Glase alle Stralen die rothen so wohl als die violeten in einem Puncte sollen vereiniget werden, so muß der Focus der rothen und violeten gleich groß seyn: folglich muß seyn

$$\frac{Rr}{2aR - 2ar} = \frac{Rr}{2mR - 2br}.$$ Heben wir die Brüche auf, so entsteht

$2mR^2r - 2bRr^2 = 2aR^2r - 2aRr^2$ oder

$2mR - 2br = 2aR - 2ar$ oder

$mR - br = aR - ar$ oder

$mR - aR = br - ar$ oder

$R \times \overline{m - a} = r \times \overline{b - a}$.; Wenn wir diese Gleichung in eine Analogie oder Proportion auflösen, so haben wir $R : r :: b - a : m - a$.

Das ist: Der Radius des Hohlglases muß sich zum Radius des erhabenen Glases verhalten wie der Unterschied der Brechung des rothen und des violeten Strals im Hohlglase zu eben diesem Unterschiede der Brechung des rothen und violeten Strals im erhabenen Glase. W. z. E.

Lasset uns die Anwendung in einem und dem andern Exempel machen.

Erstes Exempel.

Der Radius R des hohlgeschliffenen Glases sey 4 Schuhe. Das Glas wirke also auf die rothen Stralen, daß wenn $q = 1$ angenommen wird, $p = 1.54$ werde, und auf

die

die violeten alſo, daß wenn q=1 angenommen wird, p=1.56 werde. Folglich wird für die rothen Stralen ſeyn p—1 oder a=0.54: und für die violeten p—1 oder b=0.56. Hieraus entſteht b—a=0.56—0.54=0.02. Setzen wir ferner, das andere erhaben geſchliffene Glas wirke auf die rothen Stralen eben wie das concave, daß alſo abermal p=1.54: auf die violeten aber wirke es ſo, daß p=1.553333. Es wird für die rothen ſeyn p—1 oder a=0.54 wie zuvor: für die violeten aber wird ſeyn p—1 oder m=0.553333. Folglich wird ſeyn m—a=0.553333—0.54=0.013333. Wie groß muß nun der Radius r des converen Glaſes ſeyn, damit alle Stralen, die rothen und die violeten in einem Puncte vereiniget werden?

Wenn ihr die eben berechnete Werthe von b—a und von m—a, und den angenommenen Werth von R in der oben §. 348 angezeigten Proportion

R:r::b—a:m—a

ſetzet, ſo habet ihr

4:r::0.02:0.013333 und folglich

$$r = \frac{4 \times 0.013333}{0.02} = \frac{0.053333}{0.02} = 2.6666.$$

Wenn demnach das Hohlglas 4 Schuhe im Radius hat, ſo muß das Converglas 2.6666 Schuhe im Radius haben.

Zweytes Exempel.

Die Gläſer ſeyen, den Unterſchied der Stralenbrechung belangend, beſchaffen wie im vorhergehenden Exempel. Der Radius R des Hohlglaſes ſey 1.612 Schuhe: wie groß muß der Radius des erhabenen Glaſes ſeyn? die Werthe von a,b und m, und folglich auch die Werthe von b—a

und von m—a werden seyn wie oben. Wenn also diese Werthe, und auch der angenommene Werth von R in der oben angezeigten Proportion gesetzet werden, so wird sie also stehen.

1.612:r::0.02:0.013333. Hiemit ist

$$r = \frac{1.612 \times 0.013333}{0.02} = \frac{0.021492796}{0.02} = 1.0746398.$$

Drittes Exempel.

Es sey den Unterschied der Stralenbrechung betreffend in beyden Gläsern alles wie oben. Der Radius R des Hohlglases sey 4.845 Schuhe: wie groß muß der Radius des erhabenen Glases seyn?

Wenn wir die Werthe von a,b und m, welche unveränderet bleiben, und den angenommenen Werth von R in der oben angezeigten Proportion setzen, so steht sie also

4.845:r::0.02:0.013333 folglich ist

$$r = \frac{4.845 \times 0{,}013333}{0.02} = 3.2299192.$$

349. In dieser ganzen Auflösung haben wir vorausgesetzet, das Converglas liege hart an dem Concavglase, ja die Dicke beyder Gläser sey so gering, daß sie gänzlich könne außer Acht gelassen werden. Wollte man die Dicke der Gläser, oder die Entfernung RH in Betracht nehmen, so wird die Auflösung etwas verwickelter. Ich will sie doch hier ansetzen.

350. Weil im übrigen alles angenommen wird, wie zuvor, so wird auch die ganze Auflösung bis auf den 346.ten §. laufen wie zuvor. Aber d die Entfernung des Punets K, aus welchem die rothen Stralen auf das Converglas fal-

fallen, wird nunmehr ſeyn $= KR + RH$, oder (wenn wir RH mit c benennen) $= KR + c = \frac{R}{2a} + c$ (weil $KR = \frac{R}{2a}$)

bey den violeten aber wird ſeyn $d = IR + RH = \frac{R}{2b} + c$. Set-

zen wir dieſe Werthe anſtatt d in den Formeln

$$x = \frac{dr}{2ad - r}$$ für die rothen, und

$$x = \frac{dr}{2md - r}$$ für die violeten

ſo entſteht

$$x = \frac{Rr + 2acr}{2a} : \left(\frac{2aR + 4a^2c}{2a} - r\right)$$ oder

$$x = \frac{Rr + 2acr}{2a} : \left(\frac{2aR + 4a^2c - 2ar}{2a}\right)$$ oder

$$x = \frac{Rr + 2acr}{2aR + 4a^2c - 2ar}$$ für die rothen.

Und $$x = \frac{Rr + 2bcr}{2b} : \left(\frac{2mR + 4mbc}{2b} - r\right)$$ oder

$$x = \frac{Rr + 2bcr}{2b} : \left(\frac{2mR + 4mbc - 2br}{2b}\right)$$ oder

$$x = \frac{Rr + 2bcr}{2mR + 4mbc - 2br}$$ für die violeten.

Nun müſſen dieſe zween Werthe von x einander gleich ſeyn. (§. 348.) Wir haben alſo

$$\frac{Rr + 2acr}{2aR + 4a^2c - 2ar} = \frac{Rr + 2bcr}{2mR + 4mbc - 2br}.$$

Wenn die Brüche aufgehebt werden, so entsteht $rmR^2r+4acmRr+4bcmRr+8abc^2mr-2bRr^2-4abcr^2 = 2aR^2r+4abcRr+4a^2cRr+8a^2bc^2r-2aRr^2-4acbr^2$: und wenn wir alles durch 2r dividieren, so entsteht $mR^2+2acmR+2bcmR+4abc^2m-bRr-2abcr = aR^2+2abcR+2a^2cR+4a^2bc^2-aRr-2abcr$: und durch die Versetzung

$$mR^2+2acmR+2bcmR+4abc^2m-aR^2-2abcR-2a^2cR-4a^2bc = bRr-aRr:$$ oder

$$m-a\times(R+2ac)\times(R+2bc)=Rr\times(b-a)$$

Wenn diese Gleichung in eine Proportion aufgelöset wird, so entsteht folgende

$$(R+2ac)\times(R+2bc):Rr::b-a:m-a$$

Wir wollen nun die Anwendung auf die oben angesetzten drey Exempel machen.

Erstes Exempel.

Es sey $R=4$, und $HR=0.007$ eines Schuhes $=c$: das übrige wie oben. Wie groß muß der Radius des convexen Glases seyn?

Die Werthe von a,b und m bleiben unveränderet. Wenn wir also die Werthe von a,b,c,m und R in der eben gefundenen Proportion setzen, so entsteht

$(4+0.00756)\times(4+0.00784):4r=0.02:0.013333$ oder

$16.061659270 4:4r::0.02:0.013333$. Hieraus entsteht

$$4r=\frac{16.061659270 4\times 0.013333}{0.02}=10.7c750515.$$

Hiemit ist $r=2.67688$ bey nahe.

Zweytes Exempel.

Es sey $R=1.612$ und $HR=0.007=c$, das übrige alles

les wie zuvor. Wie groß muß der Radius des erhaben geschliffenen Glases seyn ?

Wenn wir die Werthe von a,b,c,m und R in der letzt gefundenen Proportion anstatt der Buchstaben setzen, so wird sie also stehen.

(1.612 + 0.00756) × (1.612 + 0.00784) : 1.612r :: 0.02 : 0.013333 oder

2.623428070 4 : 1.612r :: 0.02 : 0.013333

Hieraus entsteht

$$1.612r = \frac{2.623428070 4 \times 0.013333}{0.02} = 1.748908323 \text{ bey nahe.}$$

Folglich ist r = 1.085

Drittes Exempel.

Es sey R = 4.845, und HR = 0.014 = c: das übrige alles wie zuvor. Wie groß muß r der Radius des convexen Glases seyn ?

Wenn wir die Werthe von a,b,c,m und R in der oben angezeigten Proportion setzen, so steht sie also

(4.854 + 0.01512) ×) 4.845 + 0.01568) : 4.845r :: 0.02 : 0.013333 oder

23.623488016 : 4.845r :: 0.02 : 0.013333

Folglich ist 4.845r = 15.748598329598 64 :

und r = 3.25048 bey nahe.

351. Damit wir klar sehen, daß durch ein also zusammengesetztes Objectiv alle von einem Puncte des Objects kommende Stralen, die rothen so wohl als die violeten, wieder in einem Puncte vereiniget werden, so wollen wir auf die oben angezogenen drey Exempel durch die allgemeine Formeln die Anwendung machen. Bey dem Concavglase wird in allen dreyen Exempeln für die rothen Stralen seyn p =

1.54, und für die violeten p=1.56; bey dem convexen Glase aber ist p=1.54 für die rothen; und p=1.553333 für die violeten.

Nun fallen die Stralen auf das Concavglas parallel ein. Es dienet also den Virtualfocus zu finden die Formel §. 341

$$x = \frac{R}{2(p-1)}$$

Weil also im ersten Exempel R=4, so entsteht

$$x = \frac{4}{2(1.54-1)} = \frac{4}{1.08} = 3.7037037 \text{ für die rothen.}$$

$$\text{Und } x = \frac{4}{2(1.56-1)} = \frac{4}{1.12} = 3.57142857 \text{ für die violeten.}$$

Wenn wir nun zu beyden die Dicke RH des Glases, nämlich 0.007 addieren, so entsteht für die rothen

HK=3.7107037

und für die violeten

IH=3.57842857

Den wahren Focus der aus K und I auf das Convexglas divergierend einfallenden Stralen zu finden dienet die Formel §. 340

$$x = \frac{dr}{2pd-2d-r}.$$

Nun ist für die rothen Stralen d=3.7107037 und p=1.54 und r=2.67688 (§. 350 bey dem ersten Exempel) folglich ist

$$x = \frac{3.7107 \times 2.67683}{1.330676} = 7.4647 \text{ bey nahe.}$$

Für die violeten Stralen ist d=3.57842857 und p=1.553333: und r=2.67688. Folglich ist

x=

$$x = \frac{3.57842857 \times 2.67688}{2 \times 1.553333 \times 3.57842857 - 2 \times 3.57842857 - 2.67688}$$

$= 7.4647$ bey nahe.

352. Im zweyten Exempel iſt $R = 1.612$. Hieraus entſteht der Virtualfocus

$x = 1.4926$ für die rothen

$x = 1.439286$ für die violeten.

Addieren wir die Dicke des Glaſes $KR = 0.007$ dazu, ſo entſteht

$HK = 1.4996$

$IK = 1.446286$

Nun iſt r der Radius des erhabenen Glaſes $= 1.085$. Hieraus entſteht der wahre Focus des ganzen zuſammengeſetzten Glaſes

$x = 3.04370$ für die rothen

$x = 3.04374$ für die violeten.

353. Im dritten Exempel iſt $R = 4.845$. Hieraus entſteht der Virtualfocus

$x = 4.486111$ für die rothen.

$x = 4.3259$ für die violeten.

Addieren wir die Dicke des Glaſes RK nämlich 0.014 dazu, ſo entſteht

$HK = 4.500111$ für die rothen

$IK = 4.3399$ für die violeten

Nun iſt r der Rudius des erhabenen Glaſes $= 3.250484$. Hieraus entſteht

$x = 9.0874$ für die rothen

$x = 9.0874$ für die violeten

354. In allen dieſen dreyen Exempeln iſt der Focus der violeten Stralen dem Focus der rothen ſo genau gleich,

daß

daß sich bis auf die zehentausentste Theile eines Schuhes noch kein Unterschied zeiget, welcher sich folglich nicht einmal auf den hundertsten Theil einer Linie beläuft.

355. Wenn man anstatt des zusammengesetzten ein gemeines einfaches Objectiv nähme von 9 Schuhen im Radius, und aus der Formel $x = \frac{r}{2(p-1)}$ den Focus der rothen und violetten Stralen suchte, so würde jener für die rothen seyn $x = \frac{9}{2(1.54-1)} = \frac{9}{1.08} = 8.3333$ bey nahe. Und für die violetten $x = \frac{9}{2(1.56-1)} = \frac{9}{1.12} =$ 8.0357. Es wäre also der Focus der violetten um 0.2976 eines Schuhes kürzer als jener der rothen, welches bey nahe 3 und einen halben Zoll beträgt. Aus welchem dann zur Genüge erhellet, wie viel genauer durch ein solches zusammengesetztes Glas, als durch ein gemeines einfaches die von einem Puncte des Objects ausfahrenden Stralen wieder in einem Puncte vereiniget werden. Um zur Auflösung der zweyten Aufgabe zu gelangen muß ich einen Lehrsatz voranschicken.

356. Wir wollen setzen, (Fig. 46.) L sey der Brennpunct oder Focus der rothen parallel auf das Glas CD fallenden Stralen, und folglich sey HL die Focallänge dieses Glases. K sey der Punct, aus dem die rothen Stralen auf das Glas CD divergierend einfallen, und folglich sey HK die Entfernung dieses Puncts vom Glase CD. M endlich sey der Punct, in welchem nach der Brechung in beyden Gläsern die Stralen vereiniget werden, und folglich HM die Focallänge des zusammengesetzten Glases. Nun dieses vorausgesetzt sage ich

Lehr-

Lehrsatz.

357. Der Unterschied zwischen der Entfernuug HK des Punets K, aus dem die Stralen divergierend einfallen, und zwischen HL der Focallänge parallel einfallender Stralen verhält sich zu eben dieser Focallänge parallel einfallender Stralen, wie eben diese Focallänge zu dem Unterschied LM zwischen der Focallänge HL der parallel einfallenden Stralen und zwischen der Focallänge der aus K divergierend einfallenden Stralen. Kurz

$$KH - HL : HL = HL : LM.$$

Beweis. Den Focus parallel einfallender Stralen zu finden, dienet die Formel §. 341.

$$x = \frac{qr}{2(p-q)}.$$ Wir haben also

$$HL = \frac{qr}{2(p-q)}.$$

Und wenn wir die Entfernung HK des Puncts K mit d benennen, so dienet uns den Focus der aus K divergierend einfallenden Stralen zu finden die Formel

$$x = \frac{dqr}{2(p-q)d-qr}$$ (§. 339)

Wir haben also

$$HM = \frac{dqr}{2(p-q)d-qr}$$ folglich ist

$$LM = HM - HL = \frac{dqr}{2(p-q)d-qr} - \frac{qr}{2(p-q)}.$$

Und wenn wir beyde Brüche unter einen Nenner bringen, so ist

$$LM$$

$$LM = \frac{2pqdr - 2q^2dr - 2pqdr + 2q^2dr + q^2r^2}{2(p-q)d - qr \times 2(p-q)}$$

oder nach der Abkürzung

$$LM = \frac{qr^2}{2(p-q)d - qr \times 2(p-q)}.$$

Multiplicieren wir beyde Glieder der Gleichung durch $2(q-q)d - qr$, so entsteht

$$2(p-q)d - qr \times LM = \frac{q^2r^2}{2(p-q)} = qr \times \frac{qr}{2(p-q)}.$$

Lösen wir diese Gleichung in eine Analogie auf, so entsteht folgende:

$$2(p-q)d - qr : qr = \frac{qr}{2(p-q)} : LM.$$

Und wenn wir die Glieder des ersten Verhältnißes durch $2(p-q)$ dividieren, so entsteht

$$d - \frac{qr}{2(p-q)} : \frac{qr}{2(p-q)} :: \frac{qr}{2(p-q)} : LM$$

Das ist $KH - HL : HL = HL : LM$. Welches zu erweisen.

358. Zusatz. Wenn wir in der eben erwiesenen Proportion in beyden Verhältnißen die Summe aus dem ersten und zweyten Glied mit dem zweyten Glied vergleichen, so entsteht

$KH : HL = HL + LM$ (oder HM) $: LM$.

Folglich auch $KH : HM = HL : LM$ und endlich

$KH + HM : KH :: HL + LM$ (oder HM) $: HL$.

Zwey-

Zweyte Aufgabe.

359. **Wenn der Unterschied der Stralen Trennung in zwoen verschiedenen Gattungen der Gläser, wie auch die Focallänge des ganzen zusammengesetzten Glases gegeben sind, den Radius finden, den das concave und das convexe Glas haben muß.**

Auflösung. Den Unterschied der Stralentrennung in beyden Gläsern multiplicieret durch die Focallänge, welche das zusammengesetzte Glas bekommen soll: das Product dividieret durch die stärkere Trennung, alsdenn dividieret eben dieses Product noch einmal durch die schwächere Trennung, und so bekommet ihr zween Quotienten. Multiplicieret beyde besonders durch $2(p - 1)$: das erste Product giebt den Radius des convexen Glases, das zweyte den Radius des Hohlglases.

Beweis. Es sey die Focallänge H M des zusammengesetzten Glases $= f$ und HK die Entfernung des Puncts K, aus welchem die rothen Stralen nach der Brechung im ersten Concavglase auf das zweyte convexe divergierend einfallen $= x$. Die Stralentrennung im hohlen und im erhabenen Glase verhalten sich gegen einander wie d zu e. Aus dem 343.ten §. haben wir

$$R : r :: d : e$$

360. Weil nun KR der Virtualfocus parallel auf das Hohlglas fallender Stralen oder auch ohne merklichen Fehler $KH = \frac{R}{2(p-1)}$ (§. 343.) so ist $R = KH \times 2(p - 1)$ Und weil HL der Focus parakel auf das

Con-

Converglas fallender Stralen $= \frac{r}{2(p-1)}$ (§.341.) so ist $r = HL \times 2(p-1)$.

Wenn wir diese Werthe von R und r in der eben gefundenen Proportion setzen, so entsteht

$KH \times 2(p-1) : HL \times 2(p-1) :: d : e$, und wenn wir die Glieder des ersten Verhältnißes durch $2(p-1)$ dividieren, so ist

$$KH : HL :: d : e$$

oder, wenn wir anstatt KH seine Benennung x setzen

$$x : HL :: d : e \text{ folglich ist}$$

$HL = \frac{ex}{d}$. Nun ist gemäß dem 358.ten §.

$$KH + HM : KH :: HM : HL$$

361. Und wenn wir die Werthe anstatt der Linien setzen,

$x + f : x :: f : \frac{ex}{d}$ folglich ist

$fx = \frac{ex^2}{d} + \frac{efx}{d}$ oder

$fdx = ex^2 + efx$ oder

$fd = ex + ef$ und folglich

$$x = \frac{fd - ef}{e} = HK.$$

362. Und wenn wir diesen Werth von x in der Gleichung $HL = \frac{ex}{d}$ anstatt x setzen, so entsteht

$$HL = \frac{e}{d} \times \frac{fd - ef}{e} = \frac{efd - e^2f}{de} = \frac{\overline{d - e} \times f}{d}.$$

363. Weil nun $r = HL \times 2(p - 1)$ (§. 360.) so ist, wenn wir anstatt HL seinen eben gefundenen Werth setzen

$$r = \frac{\overline{d - e} \times f}{d} \times 2(p - 1).$$

Eben so, weil $R = KH \times 2(p - 1)$ (§. 360) so ist, wenn wir anstatt KH seinen §. 361. gefundenen Werth setzen

$$R = \frac{\overline{d - e} \times f}{e} \times 2(p - 1)$$ welches zu erweisen war.

Exempel.

364. Es sey die Stralentrennung im Concavglase zur Stralentrennung im converen wie 3 zu 2. Nun verlanget man ein aus beyden zusammengesetztes Objectiv, welches 3 Schuhe Focallänge habe. Von was für einem Radius muß das concave, und von was für einem das convexe geschliffen werden?

Wir haben $d = 3$ und $e = 2$ und $f = 3$. p sey $= 1.54$. Es wird seyn

$$HL = \frac{\overline{d - e} \times f}{d} = \frac{\overline{3 - 2} \times 3}{3} = 1,$$

$$\text{und } HK = \frac{\overline{d - e} \times f}{e} = \frac{\overline{3 - 2} \times 3}{2} = 1.5$$

folglich ist $r = HL \times 2(p - 1) = 1 \times 2(1.54 - 1) = 1 \times 1.08 = 1.08$ Schuhe. und $R = HK \times 2(p - 1) = 1.5 \times 2(1.54 - 1) = 1.62$ Schuhe.

Zweytes Exempel.

365. Es sey die Stralentrennung in beyden Gläsern wie im vorhergehenden Exempel. Man verlangt ein zusammen gesetztes Objectiv von 4 Schuhen im Focus.

Wir haben
$$HL = \frac{\overline{3 - 2 \times 4}}{3} = \frac{4}{3} = 1.3333333$$
$$HK = \frac{3 - 2 \times 4}{2} = \frac{4}{2} = 2.$$

und folglich $r = 1.3333333 \times 1.08 = 1.44$

$$R = 2. \times 1.08 = 2.16$$

Drittes Exempel.

366. Die Stralentrennung sey wie oben. Man verlangt ein zusammen gesetztes Glas von 5 Schuhen Focallänge.

$$HL = \frac{\overline{3 - 2 \times 5}}{3} = \frac{5}{3} = 1.6666667$$

$$HK = \frac{3 - 2 \times 5}{2} = \frac{5}{2} = 2.5$$

folglich $r = 1.6666667 \times 1.08 = 1.8$ bey nahe.

$$R = 2.5 \times 1.08 = 2.7$$

367. **Anmerkung.** Wir haben in dieser Berechnung die Dicke H R des ganzen zusammen gesetzten Glases vernachläßiget, wolltet ihr aber die Berechnung genauer machen, und diese Dicke auch in die Rechnung bringen, so därfet ihr nur von dem gemäß der vorgeschriebenen Regel gefundenen H K die Dicke des Glases abziehen, und den Rest

mit

mit 2 (p — 1) das ist, mit 1.08 multiplicieren, so giebt das Product den Radius des concaven Glases etwas genauer.

368. Wir wollen in den obengesetzten dreyen Exempeln setzen, die Dicke des Glases sey überall 0.007. Wenn ihr dieses in allen dreyen Exempeln von HK abziehet, so bekommet ihr im ersten 1.493, im zweyten 1.993, im dritten 2.493. Multiplicieret ihr alle drey mit 1.08, so entsteht 1.61244 und 2.15244 und 2.69244. Und dieß ist der Radius des concaven Glases in allen dreyen Exempeln um etwas genauer.

369. Zweyte Anmerkung. Damit ihr nun klar sehet, daß ein solches zusammen gesetztes Glas alle Stralen, die rothen nämlich und die violeten in einen Punct zusammen bringe, und daß die Entfernung dieses Puncts vom Objective eben die verlangte Länge habe, so wollen wir nach den gemeinen Regeln den Focus für die rothen und für die violeten Stralen suchen. Dieses berechnen zu können ist zu merken, daß wenn der Unterschied der Stralentrennung in beyden Gläsern ist wie 3 zu 2, so wird für die rothen Stralen in beyden Gläsern seyn $p = 1.54$: für die violeten im Concavglase $p = 1.56$: und im convexen $p = 1.553333$. Denn so wird die Stralentrennung im erste Glase seyn $= 0.02$, und im andern $= 0.013333$. Nun aber ist zwischen diesen zweyen Größen sehr nahe das nämliche Verhältniß als zwischen 3 und 2. Nun dieses vorausgesetzet wird der Focus der auf das Concavglas parallel einfallenden rothen Stralen, oder KR seyn $= \frac{R}{2(p-1)}$, das ist, im ersten Exempel $= \frac{1.612}{1.08} = 1.4926$: Und für die violeten

$$IR = \frac{R}{2(p-1)} = \frac{1.612}{1.12} = 1.439.$$ Wenn wir zu beyden $RH = 0.007$ addieren, so ist für die rothen

$$KH = 1.4996$$

Für die violeten $IH = 1.446$.

Um nun HM zu finden dienet die Formel $x = \frac{dr}{2(p-1)d-r}$.

Wir bekommen für die rothen

$$x = HM = \frac{1.4996 \times 1.08}{1.08 \times 1.4996 - 1.08} = 3.002 \text{ bey nahe.}$$

und für die violeten

$$x = HM = \frac{1.446 \times 1.08}{1.10666 \times 1.446 - 1.08} = 3.001 \text{ bey nahe.}$$

Im zweyten Exempel haben wir für die rothen Stralen

$$KR = \frac{2.15244}{1.08} = 1.993$$

Und für die violeten

$$IR = \frac{2.15244}{1.12} = 1.92182.$$

Addieren wir zu beyden RK, nämlich 0.007, so entsteht für die rothen

$$KH = 1.993 + 0.007 = 2$$

Und für die violeten

$$IH = 1.92182 + 0.007 = 1.92882.$$

Folglich ist für die rothen

$$HM = \frac{2 \times 1.44}{1.08 \times 2 - 1.44} = 4$$

Und

Und für die violeten

$$H\,M = \frac{1.92882 \times 1.44}{1.10666 \times 1.92882 - 1.44} = 3.999$$

Im dritten Exempel iſt für die rothen

$$K\,R = \frac{2.69244}{1.08} = 2.493$$

Für die violeten

$$I\,R = \frac{2.69244}{1.12} = 2.404.$$

Addieren wir zu beyden die Dicke R H des Glaſes, nämlich 0 007, ſo bekommen wir für die rothen KH=2.5 für die violeten I H= 2.411.

Es entſteht alſo für die rothen

$$H\,M = \frac{2.5 \times 1.8}{1.08 \times 2.5 - 1.8} = 5$$

Und für die violeten

$$H\,M = \frac{2.411 \times 1.8}{1.10666 \times 2.411 - 1.8} = 4.999$$

Es werden alſo ſo wohl die rothen als violeten Stralen genau genug im erſten Exempel in der Entfernung von dreyen Schuhen, im zweyten in der Entfernung von vieren, und im dritten in der Entfernung von fünfen vereiniget, wie man es verlangte.

370. Sehet hier eine Tabelle, in welcher für verſchiedene gegebene Brennpuncte und für eine gegebene Dicke des Glaſes die Größe des Radius des concaven und converen Glaſes nach den erklärten Regeln berechnet iſt, für zwo Glasarten, in denen die Stralentrenaung ſich verhält wie

Der gegebene zusammen gesetzte Brennpunct.	Der Radius des concaven	Der Radius des convexen	Dicke des Glases.
2	1.072	0.72	0.007
3	1.612	1.08	0.007
4	2.152	1.44	0.007
5	2.692	1.8	0.007
6	3.232	2.16	0.007
7	3.769	2.52	0.01
8	4.31	2.88	0.01
9	4.845	3.24	0 014
10	5.38	3.6	0.0 14

371. **Anmerkung.** In allen diesen Berechnungen haben wir angenommen, der Unterschied der Stralentrennung verhalte sich in beyden Gläsern wie 3 zu 2. Nun befindet sich dieses wirklich also in dem Englischen Flint- und Cronglase. Man könnte also die in der vorhergehenden Tabelle berechneten zusammen gesetzten Objective gestalten, wenn man das Hohlglas aus Englischem Flintglase, das convexe aus Cronglase schliff. Und weil das Flintglas auf die Stralen eben so wirket, wie das gemeine deutsche Glas, so könnte man zum Hohlglase auch ein gemeines deutsches brauchen, wenn nur das convexe aus Englischem Cronglase geschliffen würde.

372. **Zweyte Anmerkung.** Wenn man zwo Gattungen der Gläser hätte, in welchen die Stralentrennung ein anderes Verhältniße z. E. wie 4 zu 3 hätte, so müßte auch der Radius des Hohlglases ein anderes Verhältniß zum Ra-

di-

dius des convexen haben, damit das zusammen gesetzte Objectiv alle Stralen in einen Punct vereinigte. Der berühmte Herr C. Scherffer setzet in seiner Abhandlung von der neuen Verbesserung der Fernrohren (welcher ich mich in dieser Materie frey bedienet habe) eine solche Tabelle für zwo Gattungen der Gläser an, in welchen die Stralentrennung sich gegen einander verhält wie 9 zu 16. Weil mir aber keine dergleichen Gläser bekannt sind, so will ich mich nicht lang bemühen eine andere Tabelle für dergleichen Gläser zu berechnen, sonderbar weil eben diese Tabelle von einem jeden, dem etwan dergleichen Gläser zu Handen kommen sollten, aus den angeführten Grundsätzen leicht selbst kann berechnet werden.

373. **Dritte Anmerkung.** Durch ein also zusammengesetztes Objectiv wird der Fehler, der aus der verschiedenen Brechung der Stralen von verschiedenen Farben herrühret, fast gänzlich gehoben. Es bleibt aber noch der Fehler, der aus der kugelförmigen Krümmung der Gläser herrühret. Denn ich habe oben schon angemerket, daß man in den Algebraischen Formeln, durch derer Hilfe man den Brennpunct in einem jeden Glase berechnet, annehme, daß alle Stralen, welche von einem Punete des Objects auf das Glas fallen, unendlich nahe bey ihrer Achse einfallen. Da sich aber dieses in der That nicht so verhält, so müssen die Formeln um etwas fehlerhaft seyn, weil nämlich die Parallelstralen, welche weiter von der Achse einfallen, einen kürzern Brennpunct haben, als die, welche der Achse näher sind. Allein dieser Fehler ist bey einer mäßigen Oeffnung des Objectivs so gering, daß er kaum den sechshundertisten Theil jenes Fehlers ausmachet, welcher aus der verschiedenen Brechung der Stralen von verschiedenen Farben herrühret. Damit wir uns dessen ohne eine Beschwerniß im Rechnen

überzeugen, dürfen wir nur erwägen, um wie viel schärfere Oculare die Catadioptrischen Fernröhre leyden, da doch in den selben der von der kugelförmigen Gestalt herrührende Fehler eben so wohl als in den dioptrischen angetroffen, und nur jener, der von der verschiedenen Brechung kömmt, gehoben wird. Es können also die aus einem auf besagte Art zusammen gesetzten Objective verfertigten Fernrohre eben so wohl als die Catadioptrischen ein ziemlich kleines Ocular ertragen, woraus dann eine sehr starke Vergrößerung entstehen muß. Wollte man sich mit einem nicht gar zu scharfen Oculare befriedigen, so könnte man dem Objective eine ziemlich größere Oeffnung geben, als sonst gewöhnlich ist, weil der aus dieser Oeffnung entspringende Fehler noch bey weitem nicht so hoch steiget, als jener, der sonst aus der verschiedenen Brechung verschieden gefärbter Stralen entsteht; welches dann nebst einer noch ziemlich starken Vergrößerung eine große Klarheit und Lebhaftigkeit im Sehen verursachen muß.

374. Vierte Anmerkung. Die vorhergehende Anmerkung beziehet sich vorzüglich auf die astronomischen Fernrohre, in welchen das durch das zusammengesetzte Objectiv sehr nett gestaltete Bild unmittelbar durch ein einziges Ocular betrachtet wird. In gemeinen Fernrohren, derer wir uns in Betrachtung der Gegenständen auf Erden zu bedienen pflegen, muß durch die zwey ersten Oculare ein zweytes Bild gestaltet werden.: und weil in diesen zweyen Gläsern die Stralen von verschiedenen Farben verschieden gebrochen werden, so werden die zu einem Puncte des Objects gehörigen Stralen im zweyten Bilde nicht mehr in einen Punct zusammentreffen. Es wird also das zweyte Bild, zwar netter seyn als es in gemeinen Fernrohren zu seyn pflegt, doch nicht mehr so nett als das erste ist, und

eben

eben darum wird ein solches Fernrohr die oben beschriebene Vortheile bey weitem nicht mehr in einem so hohen Grade als ein Astromisch eingerichtetes haben. Man kann aber diesem Fehler ziemlich abhelfen, wenn man auch das zweyte Ocular als welches eigentlich das zweyte Bild gestalten muß, aus zweyen Gattungen der Gläser zusammen setzet. Hierzu kann eben die oben angesetzte Tabelle dienen, wenn man nur, was dort in Schuhen ausgedrückt ist, als Zolle annimmt: oder es kann ein jeder aus den angeführten Grundsätzen zusammengesetzte Oculare von einer beliebigen Focallänge berechnen. Dieser Fehler würde noch besser gehoben werden, wenn man in Berechnung des zusammengesetzten Oculars auch auf die Trennung der Stralen im ersten Oculare acht hätte, und diese Trennung mit in die Rechnung brächte.

375. **Fünfte Anmerkung.** Vielleicht wäre vorträglich wenn man zu Betrachtung der Gegenstände auf Erden, ein Fernrohr nach holländischer Art aber mit einem nach der dollondischen Erfindung zusammengesetzten Objective gebrauchte. Denn durch ein also zusammengesetztes Objectiv würde man erhalten daß alle von einem Puncte des Objects ausgeflossenen Stralen, wieder ziemlich genau gegen einem hinter dem concaven Oculare gelegenen Puncte Ziehlen. Diese Stralen würden alsdenn durch das concave Ocular, wenn es auch einen sehr kleinen Focum hat, genau genug unter einander parallel und zum deutlichen Sehen tauglich werden. Daher man dann durch ein Objectiv von einem nicht gar großen Focus nebst einer starken Vergrößerung, noch ein genugsames Feld erhalten könnte. Wir wollen z. E. setzen, das zusammen gesetzte Objectiv habe nur einen Schuh Focallänge (in dieser Absicht müs-

ste das concave Objectiv von einem Radius von 0,53244 eines Schuhes, das Convexe aber von einem Radius von 0,36 eines Schuhes geschliffen werden) Dieses Objectiv könnte glaublich ohne der Deutlichkeit zu schaden ein concaves Ocular von 4 Linien Focallänge oder einf noch kleineres ertragen. Man würde also eine 36 malige Vergrößerung bekommen, und das Feld würde doch noch beynahe 25 Minuten faßen.

376. **Sechste Anmerkung.** Es ist für sich selbst klar, daß durch ein zusammen gesetztes Objectiv die von einem Puncte des Objects ausgeflossenen Stralen um so viel genauer wieder in einen Punct vereiniget werden, je genauer das concave und convexe Glas von jenem Radius geschliffen werden, welche in der Tabelle §. 370 angesetzet, oder durch eigne nach den angezeigten Grundsätzen gemachte Berechnung bestimmet worden sind. Weil es aber sehr schwer fallen muß einem Glas die verlangte Krümmung bis auf die schärfiste Genauigkeit zu geben, so wollen wir noch kurz sehen, was ein hierin begangener kleiner, und vielleicht fast unvermeidlicher Fehler, in Gestaltung des Bilds verderbe.

§. 350 Haben wir gefunden, daß für ein Concavglas von 4 Schuhen im Radius sich ein Convexes von 2.67688 Schuhen schicke: und daß dieses zusammengesetzte Ocular die Stralen sogenau vereinigen würde, daß der Focus der violetten Stralen nicht einmal einen zehentausendsten Theile eines Schuhes länger seyn würde als jener der rothen. Nun wollen wir setzen: das convexe Glas werde von einem Radius von 2.66 eines Schuhes geschliffen, und sey also um 0,01688 eines Schuhes zu klein (dieß trägt beyläufig zwo Linien aus) Wenn wir nun in dieser Vor-

aus:

aussetzung den Focus der rothen und violetten Stralen besonders berechnen, so finden wir die Focallänge der rothen = 7.3238 und der violeten = 7.4213 der Focus der violetten Stralen würde hiemit um 0.0025 eines Schuhes kürzer seyn als jener der Rothen, welches nicht gar $\frac{4}{10}$ einer Linie beträgt. Man kann demnach also folgern. Wenn das convexe Glas einen um etwas zu kleinen Radius bekömmt, so werden die violette Stralen vor den rothen vereiniget: und im Gegentheile die rothen vor den violeten, wenn der Radius des convexen Glases zu groß ist. Ferner ein Fehler von beyläufig zwoen Linien, in dem Verhältniße der Radien des concaven und convexen Glases verursachet im Brenpuncte einen Fehler der noch keine halbe Linie beträgt. Woraus dann erhellet, daß man, wenn man nur den gehörigen Fleiß anwenden will, ein zusammen gesetztes Objectiv erhalten kann, welches die verschieden gefärbten Stralen genau genug in einem Puncte vereiniget.

Fünftes Capitel.

Von der Laterna Magica, oder Zauberlaterne.

377. Die Zauberlaterne ist eine besondere Art einer Laterne, durch welche kleine auf Glas gemalte Bilder an einer gegen über stehenden weißen Wande sehr groß, hell und deutlich entworfen werden.

378. Die Natur einer solchen Laterne besteht haubtsächlich in diesen dreyen Puncten. Erstens muß ein auf Glas mit durchscheinenden Farben gemaltes Bild so stark als möglich, und durchaus gleich erleuchtet werden. Zweytens müssen die Lichtstralen, welche durch einen jeden Punct dieses durchsichtig gemalten Bildes durchfahren, und im durchfahren die Farbe eben dieses Puncts bekommen, durch ein Converglas also gebrochen werden; daß sie durch diese Brechung wieder in einen Punct vereiniget werden, und folglich in einer gewisen Entfernung von diesem Glase eine getreue, deutliche, lebhafte und vergrößerte Abbildung des Gemäldes mit allen seinen Farben entstehe. Drittens endlich muß diese Abbildung durch eine weiße und so viel möglich ebene Wande also aufgefangen werden, daß all anderes Licht, welches nicht von dem Gemälde kömmt, davon abgehalten werde.

379. Um nun alles dieses zu erhalten, wird die Maschiene also eingerichtet. Man bereitet eine Laterne aus Blech von Beliebiger Größe etwan einen Schuh breit, lang und hoh, welche allerseits kann verschlossen werden (Fig. 47 Tab. XI.) Oben wird ein Rauchfang g b i h darüber gesetzet, welcher oben bey h geschlossen ist, damit das Licht nicht an die Decke des Zimmers geworfen werde, und also das ganze Zimmer merklich erleuchte. Seitwerts bey h sind mehrere kleine Oeffnungen oder Röhrchen angebracht, damit durch dieselbe der Rauch des bey X gestellten Lampenlichts abgeführet werden könne. Zu hinterst in dieser Laterne ist ein Hohlspiegel V W, etwan von 4 Zollen Focallänge, und von einer solchen Breite, die etwan drey Zolle im Durchmesser habe. Bey q r werden beyde einander gegenüber stehende Wände mit einem Durchschnit-

te

versehen, durch welchen die gläsernen Schieber O P, auf denen die Bilder abgemalet und in hölzerneu Rähmchen gefasset sind, können geschoben werden. Die vordere Wande der Laterne, hat eine runde Oeffnung ebenfalls von beyläufig dreyen Zollen im Durchmesser. In diese Oeffnung wird ein Rohr von Blech oder auch von Pappe fest eingestecket, und in dieses noch ein anderes, welches ein Converglas von etlichen Zollen Focallänge in sich enthält, und in dem ersten frey hin und her geschoben werden kann.

380. Dieses ist die Beschreibung der Laterne überhaubt. Nun wollen wir etwas genauer untersuchen, in was für einer Entfernung vom Spiegel die Lampe, und in was für einer Entfernung von dem Gemälde das Converglas müsse gestellet werden. Es sey A B Fig. 48. ein auf Glas mit durchscheinenden Farben gemaltes Bild etwan von dreyen Zollen im Durchmesser. In V W zehen Zolle hinter dem Gemälde stehe ein Concavspiegel von Composition, oder nur von hohlgeschlagenem, und so viel es seyn kann, polirten Bleche von 8 Zollen im Radius: und etwann 4 Zolle vor diesem Spiegel in X stehe ein starkes Lampenlicht. Die von einem jeden Puncte dieses Lichts auf den Spiegel V W fallenden Stralen werden von dem selben unter einander parallel zurückgeworfen werden. (§. 39.) Es wird hiemit das Gemäld A B nicht nur von den aus dem Licht X gerade zu auf dasselbe fallenden, sonder auch von den vom Spiegel parallel zurückspringenden Stralen erleuchtet werden. Die Erleuchtung des Bildes wird also ziemlich stark, und überall ziemlich gleichförmig seyn. Vier und einen halben Zolle vor dem Gemälde stehe ein beyderseits gleich Convex geschliffenes Glas von 4 Zollen im Radius. Die durch einen jeden Punct des Gemäldes z. E. durch

den Puuct C durchfahrenden Stralen werden auf das Glas D E divergirend einfallen: und weil die Entfernung des Punets C vom Glaſe D E größer iſt, als die Focallänge dieſes Glaſes, ſo werden ſie durch die Brechung wieder in einem Puncte z. E. in c vereiniget werden: und weil eben dieſes von den durch die übrigen Puncte des Gemäldes durchfahrenden Stralen wahr iſt, ſo wird in a b c eine deutliche Abbildnug des ganzen Gemäldes A C B erſcheinen. Wenn nun dieſe Abbildung eben bey c durch eine weiße Wande aufgefangen wird, ſo wird man ſie anf dieſer Wande deutlich ſehen. Die Achſe C I des Punets C fährt ungebrochen durch das Glas (§. 18) die übrigen durch C fahrenden Stralen werden mit ihr in c vereiniget. Eben ſo fahren A I a und B I b ungebrochen durch: die übrigen durch A fahrenden Stralen werden mit ihrer Achſe in a, die durch B fahrenden mit ihrigen in b vereiniget. Das Gemäld A B wird demnach in a b umgekehrt entworfen; denn der obere Punct A wird unten, der untere B oben abgebildet. Man muß alſo, wenn das Bild a b auf der Wande aufrecht erſcheinen ſoll, den Schieber ſo in die Laterne ſtecken, daß das Gemäld verkehrt ſtehe.

Das Bild a b wird um ſo viel größer als das Gemäld A B ſeyn, ſo viel I c größer iſt als I C. Man muß alſo die Größe des Bildes b a zu finden aus dem bekannten Radius des Glaſes D E, und aus der ebenfalls bekannten Entfernung I C des Gemäldes vom Glaſe die Entfernung I c berechnen. Dieſes geſchieht durch Hilfe der Formel $x = \frac{10\,d\,r}{11\,d - 10\,r}$ (§. 97.) In unſerm Exempel iſt $d = 4\frac{1}{2}$ oder 4.5 Zolle, und $r = 4$. Es wird alſo

so seyn $x = \frac{108}{9.5} = 19$ bey nahe $=$ I c. Wenn wir nun die Entfernung I c des Bildes vom Glase durch die Entfernung IC des Gemäldes von eben diesem Glase (nämlich 19 durch 4.5) dividiren, so ist 4.2 der Quotient bey nahe. Der Durchmesser des Bildes a b ist also um etwas mehr als 4mal größer als der Durchmesser des Gemäldes A B, das Bild a b aber ist mehr als 16mal größer als das Gemäld A B. Wenn man das Glas D E etwas näher zum Gemälde A B rückte, so würde das Bild a b, weit größer werden; weil je kleiner die Entfernung des Gemäldes vom brechenden Glase D E ist, desto größer wird die Entfernung des Bildes a b von eben diesem Glase: und eben darum wird auch das Bild a b selbst um so viel größer werden. Allein wenn das Bild a b gar zu groß wird, so hat es eine mindere Lebhaftigkeit, weil das durch das Gemäld fahrende Licht alsdenn in einen gar zu großen Raum muß ausgetheilet werden.

381. Aus diesem allem lassen sich unterschiedliche Anmerkungen herleiten. Erstens. Die Lampe muß beyläufig im Focus des Hohlspiegels gestellet werden. Wollte man dieselbe merklich näher zum Spiegel rücken, so würden die von einem jeden Puncte des Lichts auf den Spiegel fallenden Stralen von demselben divergirend zurück springen. (§. 39) Wenn also der Spiegel einen so großen, oder noch größern durchmesser als das Gemäld A B hätte, so würden bey weitem nicht mehr alle auf den Spiegel gefallene und von ihm zurückgeworfene Stralen auf das Gemäld gebracht werden: sonder sehr viele derselben würden neben das Gemäld fallen, und also dieses minder stark erleuchtet wer-

werden. Wollte man aber die Lampe merklich weiter vom Spiegel stellen, als desselben Focallänge beträgt, so würden die von einem jeden Puncte des Lichts auf den Spiegel gefallenen Stralen convergirend zurück springen. (§. 39) Sie würden demnach einen Kegel fürstellen, dessen Grundfläche der Spiegel der Vertex aber mehr oder minder entfernet ist, nachdem nämlich die Entfernung der Lampe von dem Spiegel kleiner oder größer ist. Sollte nun der Vertex dieses Lichtkegels nahe zum Bilde AB fallen, so würden die vom Spiegel zurückgeworfenen Stralen, da sie auf das Gemäld treffen, schon sehr nahe bey einander seyn: sie würden also nicht das ganze Gemäld, sonder nur einen in der Mitte liegenden Theil desselben erleuchten. Es würde hiemit dieser mittlere sehr starck erleuchtete Theil an der weißen Wande sehr lebhaft, die andern aber sehr matt entworfen werden. Mich gedunket, man würde hierin zum besten handeln, wenn man dem Hohlspiegel eine merklich größere Oefnung gäbe, als der durchmesser des Gemäldes AB ist (denn ein größerer Spiegel fängt ja weit mehrere Stralen auf als ein kleinerer, und wirft folglich auch mehrere zurück) und alsdenn die Lampe also stellte, daß der Durchschnitt des vom Spiegel zurückspringenden Lichtkegels an dem Orte des Gemäldes eben so groß würde, als der Durchmesser des Gemäldes ist. Nun aber läßt sich dieser Ort, an dem die Lampe muß gestellet werden, auf folgende Art bestimmen. Wenn euch Tab. XI. Fig. 49. der Durchmesser AB des Gemäldes, der Durchmesser m n des Hohlspiegels bekannt sind, so messet g l die Tiefe des Spiegels, und g f die Entfernung des Gemäldes von jener Fläche die ihr euch über den Spiegel gelegt vorstellen könnet, und folgeret alsdenn also.

mh :

$mh : mg :: hA$ (oder $gf : ge$.

folglich ist $ge = \frac{mg \times gf}{mh}$ folglich ist $le = lg +$ $\frac{mg \times gf}{mh}$ das ist. Wenn ihr mg den halben Durchmesser der Spiegels mit gf, oder mit der Entfernung des Gemäldes von einer über den Spiegel liegenden Fläche multipliciret, und dieses Product durch mh, oder durch die Differenz, zwischen den halben Durchmessern des Spiegels und des Gemäldes dividiret, und endlich zu diesem Quotient die Tiefe des Spiegels (lg) addiret, so bekommet ihr le, die Entfernung jenes Puncts vom Spiegel, nach welchem die zurückspringenden Stralen zielen müssen, damit der Durchschnitt des Lichtkegels am Orte des Gemäldes eben dem Gemälde gleich sey. Ist nun diese Entfernung le gefunden, so könnet ihr aus dieser und aus dem bekannten Radius des Spiegels den Ort X an dem die Lampe gestellet werden muß durch Hilf der Formel (§. 47)

$d = \frac{fr}{r + 2f}$ finden.

Wir wollen setzen.

Es sey
- Der Durchmesser des Gemäldes AB = 36 Linien.
- Der Durchmesser des Spieges mn = 62 Linien.
- Der Radius des Hohlspiegels = 96 Linien
- Die Entfernung des Gemäldes
- Von dem Hohlspiegel --- lf = 96 Linien
- Die Tiefe des Spiegels lg = 5·5 Linien

Spengler.

Es wird ſeyn

$$\begin{cases} mg = & - & - & - & - & 31 \\ gf = lf - lg & - & - & & & 90.5 \\ Af = \frac{AB}{2} = & - & - & & & 18 \\ mh = mg - Af = & - & & & & 13 \\ le = \frac{mg \times gf}{mh} + lg = & 221 & & & & \end{cases}$$

$$lX = \frac{fr}{r+2f} = \frac{-221 \times 96}{96 - 442} = 61.$$

Die Lampe muß alſo 5 Zolle weit vom Spiegel entfernet ſeyn, ſo wird das auf ihn fallende und von ihm zurückſpringende Licht einen ſolchen Lichtkegel geſtalten, deſſen Durchſchnitt an dem Orte des Gemäldes dem Durchſchnitte eben dieſes Gemäldes gleich iſt.

382. Was eben iſt erwieſen worden, beziehet ſich auf den Lichtkegel, welcher von dem mittlern in der Achſe des Spiegels liegenden Puncte des Lampenlichts auf den Spiegl fällt, und von demſelben zurückgeworfen wird. Dieſer wird ganz auf das Gemäld fallen, und daſſelbe in allen ſeinen Theilen ſehr ſtark erleuchten. Allein gleichwie die von dieſem mittlern Puncte auf den Spiegel fallenden und von ihm zurückſpringenden Stralen einen Lichtkegel geſtalten, alſo geſtalten auch die von was immer für einem andern Puncte des Lampenlichts auf den Spiegel fallenden und von ihm zurückſpringenden Stralen einen andern Lichtkegel. Die Achſen aller dieſer Lichtkegeln durchſchneiden einander im Centro des Spiegels; Wenn alſo das Licht inner dem Centro des Spiegels das Gemäld aber außer demſelben ſteht, ſo werden ſich die Achſen der untern Pun-

rte des Lichts, nachdem sie durch das Centrum gefahren sind, bis sie zum Bilde kommen, in etwas erheben, die Achsen aber der obern Puncte des Lichts werden um etwas herabsinken. Es werden also auch die ganzen Lichtkegel der unten im Lichte liegenden Puncte, bis sie zum Gemälde kommen, in etwas steigen, die Kegel der obern Puncte etwas herabfallen: dieses Steigen und Fallen wird um so viel beträchtlicher seyn, je weiter der Ort des Bildes vom Centro des Spiegels entfernet ist. Weil also die Durchschnitte aller dieser Lichtkegel am Orte des Bildes bey nahe gleich groß sind, so werden einige die unteren Theile des Gemäldes, einige aber die oberen Theile desselben nicht erleuchten. Es wird also das Bild in der Mitte stärker als an den äußern Theilen erleuchtet seyn: und dieser Unterschied wird so viel beträchtlicher seyn, je weiter das Centrum des Spiegels von dem Gemälde entfernet ist. Es gedunket mich also, man könnte diesem Fehler am füglichsten abhelfen, wenn man das Bild also stellte, daß dessen Mittelpunct mit dem Centro des Hohlspiegels zuträfe; denn so würden die Achsen aller vom Spiegel zurückspringenden Lichtkegeln im Mittelpuncte des Gemäldes zusammentreffen; und weil alle Durchschnitte aller Lichtkegeln am Orte des Gemäldes bey nahe gleich groß sind, so würden die ganze Lichtkegel aller Puncte des Lichts das ganze Gemäld erleuchten. Es würde demnach das Gemäld aller Orten gleich stark erleuchtet seyn.

383. Wenn wir in dem oben §. 381. gesetzten Exempel die Anwendung machen, so erhellet, daß, wenn der Hohlspiegel 8 Zolle im Radius, und 5 Zolle 2 Linien Oeffnung, das Gemäld aber 3 Zolle im Durchmesser hat, das Gemäld eben 8 Zolle weit vom Spiegel, die Lampe aber 5

Zolle weit von dem selben gestellet werden müsse, damit das Gemäld überall gleich stark erleuchtet werde.

384. Einige bedienen sich das Glasgemäld gehörig zu erleuchten, eines vor demselben gestellten Converglases (und diese Einrichtung scheinet mir die beste zu seyn) Sie stellen nämlich die Lampe beyläufig im Focus des Hohlspiegels, daß also die von einem jeden Punete des Lichts auf den Spiegel fallenden, und von dort zurückspringenden Stralen unter einander parallel werden Fig. 51. Diese Stralen fangen sie durch ein beyläufig im Centro des Hohlspiegels gestelltes Converglas auf. Sie werden durch dieses Glas gegen einander gebogen, und stellen einen Lichtkegel für, der die Oeffnung dieses Converglases zur Grundfläche, und den Vertex so weit entfernet hat, so groß der Focus des convexen Glases ist. Wenn nun das Gemäld eben an jenem Orte gestellet wird, an welchem der Durchschnitt des besagten Lichtkegels dem Gemälde gleich ist, so wird das ganze Bild gleichförmig und sehr stark erleuchtet werden. Dieser Ort, an dem das Gemäld gestellet werden muß, läßt sich aus dem bekannten Radius des Converglases, und aus den bekannten Durchmessern eben dieses convexen Glases, und des Gemäldes leicht berechnen. Denn aus dem Radius des convexen Glases weißt man den Vertex des Lichtkegels, oder (Fig. 51.) die Linie c d (sie ist jederzeit dem Radius eines beyderseits gleich convexen, oder dem doppelten Radius eines auf der einen Seite convexen auf der andern aber plan geschliffenen Glases bey nahe gleich) Alsdenn macht man folgende Proportion: wie sich a b der Durchmesser des Converglases verhält zu e f dem Durchmesser des Gemäldes, so verhält sich c d der Focus des convexen Glases zu g d: wird nun dieses g d von c d abgezogen, so bleibt c g die Entfernung, welche das Gemäld von dem Converglase haben muß.

385. Es ist auch sehr gut, daß man jene Theile des gläsernen Schiebers, welche von dem Gemälde nicht eingenommen sind, mit einer schwarzen dick aufgetragenen Farbe anstreiche, damit also die fremde Stralen von der gegen über stehenden Wande abgehalten werden; welches zur Lebhaftigkeit des auf dieser Wande zu entwerfenden Bildes nicht wenig beyträgt.

386. Wir haben oben §. 380. angezeiget, wie man durch Hilfe eines einzigen convexen Glases das Glasgemäld auf einer gegenüberstehenden Wande vergrößert entwerfen kann. Allein es äußert sich in dieser Einrichtung eine nicht geringe Schwierigkeit. Denn hat dieses Converglas einen großen Focus etwan von zween Schuhen, so muß dieses Glas ziemlich weit vom Bilde gestellet werden, denn die Entfernung des Convexglases von dem Gemälde muß jederzeit um etwas größer seyn, als die Focallänge dieses Glases, wenn anderst die von einem Puncte des Bildes ausgefahrenen Stralen durch die Brechung convergierend werden, und also ein neues Bild entwerfen sollen. Wenn nun das Converglas so weit von dem Bilde entfernet wird, so fallen sehr viele durch das Bild gefahrene Stralen auf die Seiten des Rohres, in welchem dieses Converglas eingeschlossen ist: sie springen von dar wieder ohne Ordnung zurück, bis sie endlich auf das Glas kommen: aus welchem dann nothwendig erfolgen muß, daß die an der gegen über stehenden Wande entworfene Abbildung undeutlich werde, weil die Stralen verschiedener Puncte unter einauder vermischet werden. Wollte man sich im Gegentheile eines Convexglases von einem kleinen Focus bedienen, so werden die äußern Puncte des Glasgemäldes eine größere Entfernung vom Convexglase haben, als die mitlern. Dieser Unterschied der Entfernung wird zwar, wenn das Gemäld nicht gar groß ist,

in sich selbst nicht sehr beträchtlich seyn: aber in Betrachtung eines so kleinen Focus ist dieser in sich selbst geringe Unterschied groß genug, daß die deutliche Abbildung der äußern und der mitlern Puncte des Glasgemäldes bey weitem nicht mehr in der nämlichen Entfernung vom brechenden Glase geschehe, weil ein kleiner Unterschied in der Entfernung des stralenden Puncts von dem brechenden Glase den Ort der Abbildung dieses stralenden Punets sehr viel änderet, absonderlich wenn dieser stralende Punet nur um etwas weniges außer dem Focus des Converglases steht. Wenn demnach die mitlern Puncte des Gemäldes an der gegen über stehenden Wande deutlich entworfen werden, so werden die äußern Puncte undeutlich entworfen werden. Bilden sich aber die äußern Puncte deutlich ab, so werden die mittern undeutlich seyn: kurz man wird niemal eine deutliche Abbildung des ganzen Glasgemäldes erhalten können.

387. Diesem Fehler abzuhelfen braucht man das auf Glas gemalte Bild auf der gegen über stehenden Wande zu entwerfen zwey convexe Gläser; das erste wird ziemlich nahe zum Gemälde gestellet: damit die durch dasselbe fahrenden Stralen einwärts gebogen, und also verhinderet werde, daß wenigst bey weitem nicht so viele derselben auf die Wände des Rohres aufstossen. Eben durch dieses erste Glas werden die von einem Puncte des Gemäldes gekommenen Stralen noch nicht convergierend, sonder nur minder divergierend gemacht. Sie bekommen demnach eine solche Richtung, als wenn sie von einem mehr entfernten Puncte herkämen. Wenn nun das zweyte Glas also gestellet wird, daß seine Entfernung von jenem Puncte, aus welchem die Stralen nach der ersten Brechung auszufließen scheinen, seine Focallänge um etwas übertrift, so wird eine deutliche-

re

re Abbildung auf der entgegen stehenden weißen Wande erfolgen, als man durch Hilfe eines einzigen Glases erhalten hätte. Ich will die Stellung dieser zweyen Gläsern in einem Exempel zeigen. Es stehe das erste Glas D E von 12 Zollen im Radius 3 Zolle weit von dem Gemälde A B. Fig. 50. Die vom Puncte C dieses Gemäldes auf das Glas fallenden Stralen werden durch die Brechung in diesem Glase minder divergierend gemacht, und bekommen eine solche Richtung, als wenn sie von einem weiter entlegenen Puncte x herkämen. Diesen Punct x zu finden dienet die Formel

$$x = \frac{10\,d\,r}{11\,d - 10\,r} = -4.14 = I\,x.$$

Weil nun alles dieses von allen andern Puncten des Gemäldes A B Statt hat, so fallen die im ersten Glase gebrochenen Stralen so auf das zweyte, als wenn sie von einem in x stehenden Gemälde $\alpha\,x\,\beta$ herkämen. Wenn nun 4 Zolle weit von dem ersten Glase ein zweytes von 8 Zollen im Radius gestellet wird, so fallen die zu einem jeden Puncte des Gemäldes gehörigen Stralen also auf dasselbe, als wenn sie von einem 4.14+4 oder 8,14 Zolle weit entfernten Punete x herkämen. Weil nun diese Entfernung größer ist als die Focallänge dieses zweyten Glases, so muß irgendwo eine Abbildung ab an der entgegen gestellten Wande erscheinen. Denn Ort dieser Abbildung zu berechnen dienet die Formel $x = \frac{10\,d\,r}{11\,d - 10\,r} = \frac{10 \times 8.14 \times 8}{11 \times 8.14 - 10 \times 8} = 68$ bey nahe. Wenn also 68 Zolle oder 5 Schuhe und 8 Zolle weit vom letzten Glase eine weiße Wande gestellet wird, so wird das Gemäld A B vergrößert darauf erscheinen.

388. Auf die allerleuchteste Art kann man alle Wirkungen einer Zauberlaterne erhalten, wenn man die auf

Glas gemalten Bilder nicht durch ein Lampenlicht, sonder durch die Sonne selbst erleuchtet. Zu dieser Absicht dienet mit einer geringen Aenderung eben jene Maschine, welche wir §. 252. beschrieben haben, da vom Sonnenmikroscope die Rede war, und welche Tab. VII. Fig. XXXII. entworfen ist. Es wird nämlich ein Zimmer verfinstert. Das Glas bey S wird herausgenommen: die Maschine wird in die im Fensterladen gemachte Oeffnung eingesetzet, das erste Rohr B wird ebenfalls weggenommen: an dessen Statt steckt man ein anderes Tab. VII. Fig. XXXIII. entworfenes an; welches bey V durchbrochen und also eingeschnitten ist, daß man die gläsernen Schieber durchschieben könne. Man giebt durch Hilfe der doppelten Bewegung dem Planspiegel L G eine solche Stellung, daß das Sonnenlicht gerade durch das Rohr geworfen werde, und an der gegen über stehenden Wande einen hellen Kreis werfe. Alsdenn wird der gläserne Schieber eingeschoben: endlich wird vornen noch ein Rohr, in welchem ein Converglas T enthalten ist, angesteckt, und so lang hin und her gerucket, bis die Abbildung auf der gegen über stehenden Wande deutlich erscheinet. Durch diese Maschine kann man die auf Glas gemalten Bilder in einer ungeheuren Größe und dennoch mit genugsamer Lebhaftigkeit entwerfen.

Sechstes Capitel.

Von der Camera Obscura.

389. Es wird ein jeder wissen, was man durch eine Camera Obscura sagen will, nämlich ein verfinstertes Zimmer.

mer. Ihr könnet es also zubereiten. Erwählet ein Zimmer, welches mit Fensterläden versehen ist, die in ihre Rahmen so genau passen, daß alles Licht von dem Zimmer abgehalten werde. Bey einem Fenster, von welchem ihr ein schönes Aussehen, etwan auf einen angenehmen Garten, auf schöne Gebäude, auf eine Strasse, oder auf andere dergleichen Gegenstände habet, lasset in den Fensterladen ein rundes Loch von beliebiger Größe, etwann von 6 bis 7 Zollen im Durchmesser machen. Ueber dieses Loch schraubet ein Stuck Holz an den Laden, dessen Einrichtung wir jetzt umständlich beschreiben wollen. Es besteht aus zweyen ein paar Zoll dicken Bretchen, in deren jedem ein Raum also ausgehöhlet wird, daß wenn sie oben und unten zusammen geschraubet werden, eine Höhlung von zween abgestutzten Kegeln entstehe, derer Höhe die halbe Dicke des Brets, die beyden gemeine Grundfläche aber in desselben Mitte ist. In diese Höhle wird eine hölzerne Kugel dermassen eingesetzet, daß sie frey nach allen Richtungen sich herum drehen läßt und zugleich jede Stellung, die man ihr giebt, behält. Diese Kugel wird cylindrisch durchbohret, und in diese cylindrische Oeffnung ein Rohr von Pappe gesteckt, in dessen Ende ein Glas eingesetzet ist, welches entweders beyderseits convex, oder auf der einen Seite convex auf der andern eben ist. Durch diese Einrichtung kann das Glas nach Belieben nach was immer für einem Gegenstande zu gerichtet werden.

390. Ist nun dieses alles geschehen, so werden alle von einem jeden Puncte des Objects auf das Converglas fallende Stralen von demselben gebrochen, und hinter ihm wieder in einem Puncte vereiniget werden: und weil alle Theile eines nicht gar zu großen Objects bey nahe die nämliche Entfernung vom Glase haben, so werden auch ihre

Vereinigungspuncte alle gleich weit hinter dem Glase sich befinden. Stellet also ein weißes Pappier, oder eine angespannte Leinwand in dieser Entfernung vom Glase, so werden sich auf derselben alle Theile des Objects und folglich das ganze Object mit seinen Farben entwerfen: ja wenn das Object eine Bewegung hat, so wird diese auch in ihrem Bilde erscheinen.

391. Zur Vollkommenheit einer Camera Obscura gehören diese drey Stücke: 1 die Deutlichkeit: 2 die Klarheit: 3 eine hinlängliche Größe der Bilder, unter denen die Gegenstände entworfen werden. Die Deutlichkeit erhält man, wenn die Stralen, die von einem Puncte des Objects ausgeflossen sind, wieder genau genug in einem Puncte vereiniget werden. Zu diesem Ende muß das Convexglas wohlgeschliffen seyn: das Papier oder die Leinwande muß genau an jenem Orte stehen, wo die Vereinigung dieser Stralen geschieht. Ihr könnet diesen Ort leicht finden, wenn ihr das Papier immer hin und her rücket, bis euch das Bild zum deutlichsten erscheinet. Ja wenn euch der Radius eures Convexglases bekannt ist, so wisset ihr also gleich den Ort der Vereinigung der Stralen. Denn wenn die Gegenstände, die ihr abgebildet haben wollet etlich hundert Schuhe von dem brechenden Glase entfernet sind, so könnet ihr die von einem jeden Puncte des Objects auf das Glas fallenden Stralen für unter einander parallel ansehen; ihre Vereinigung wird hiemit in der Entfernung von $\frac{101}{11}$ oder bey nahe in der Entfernung des Radius, wenn es beyderseits gleich convex ist, und bey nahe in der Entfernung des doppelten Radius geschehen, wenn das Glas auf der einen Seite convex auf der andern aber plan ist (§§. 98. und 107.).

End.

Endlich muß man dem Glase eine nicht gar zu große Oeffnung geben; denn, wie wir schon öfter angemerket haben, die weit von der Achse einfallenden Stralen nicht mehr mit den übrigen in einem Puncte vereiniget werden. Die Stralen eines Punets werden also mit den Stralen einiger anderen nahe daneben liegenden vermischet, und hieraus entsteht ein minder deutliches Bild.

392. Die Klarheit und Lebhaftigkeit des Bildes hanget von der Menge der Stralen ab, welche von einem jeden Puncte des Objects auf das Glas fallen, und hinter demselben wieder in einem Puncte vereiniget werden. Nun sieht ein jeder selbst, daß so viel mehrere Stralen von einem jeden Puncte des Objects auf das Glas fallen, je stärker das Object erleuchtet ist, und je näher dasselbige beym Glase steht. (§. 12.) Es ist also die bequemmeste Zeit diese Beobachtungen anzustellen, wenn die Gegenstände von der Sonne erleuchtet werden. Derohalben kann ein Fenster, das gegen Abend sieht, Vormittag, das gegen Aufgang sieht, Nachmittag zur Camera Obscura dienen. Den bey dem ersten sind die gegen über stehenden Objecte Vormittag, bey dem andern Nachmittag erleuchtet. Das bequemmeste ist ein gegen Norden eröffnetes Fenster; denn die entgegen stehenden Objecte bleiben den ganzen Tage von der Sonne beschienen, und um Mittagszeit, da die Sonne am stärksten und hellesten scheinet, werden die Bilder die lebhaftesten seyn. Ein gegen Mittag eröffnetes Fenster kann zu dieser Absicht niemal wohl dienen; denn die entgegen stehende nördliche Seite wird niemal von der Sonne beschienen, ausgenommen im Sommer in aller Frühe vor 6 Uhr und Abends spät nach 6 Uhr. Ueberdas, so würde untertags die Sonne das Objectivglas bescheinen, welches dann ein sehr starkes falsches Licht auf die entworfenen Bilder

brin-

bringen, und dieselbe nothwendig verderben würde. Es trägt auch nicht wenig zur Lebhaftigkeit des Bildes bey, wenn das Objectivglas eine große Oeffnung hat; denn es ist ja offenbar, daß von einem jeden Puncte des Objects mehre Stralen auf eine größere Oeffnung als auf eine kleinere fallen. Doch darf man diese Oeffnung nicht nach Belieben erweitern; denn wie oben ist gesagt worden, eine gar zu große Oeffnung, gleich wie sie die Klarheit des Bildes vermehren, also die Deutlichkeit desselben vermindern würde. Zu dem, wenn die Oeffnung des Glases gar zu groß ist, so fällt auf dasselbe auch viel fremdes Licht, welches nicht von dem Objecte kömmt, das man entworfen haben will, welches dann verursachet, daß das Zimmer nicht mehr finster genug bleibt, und die Bilder eben darum schwächer werden.

393. Die Größe der Bilder hängt von der Größe des Focus des Objectivs ab. Ist dieser Focus klein, so geschieht diese Vereinigung der Stralen bald, nachdem sich die Achsen der äußersten Puncte des Objects im Mittelpuncte des Glases durchkreuzet haben. Sie sind also damals noch nicht weit von einander entfernet: das Bild muß demnach ziemlich klein seyn. Das Gegentheil geschieht, wenn der Focus des Objectivs groß ist. Allein wäre der Focus gar zu groß, so würden die Bilder zwar sehr groß, aber gar zu matt werden, weil die vom Objecte auf das Glas fallenden Stralen in einen gar zu großen Raum müßten ausgetheilet werden. Man sieht also aus allem, was bisher ist gesagt worden, daß die beßte Einrichtung nicht besser als durch die Erfahrung kann bestimmet werden. Man muß nämlich bey einem jeden Glase die Oeffnung so lang bald vermindern bald vermehren, bis man das zugleich deutlichste und lebhafteste Bild erhält. Die Erfahrung hat

ge-

gelehret, daß eine recht gute Camera Obscura zu erhalten der Focus des Objectivglases nicht größer als 15 Schuhe seyn darf, ja jene, derer Focus zwischen 6 und 12 Schuhen ist, scheinen hiezu die tauglichsten zu seyn. Verlangt man alsdenn die Bilder noch größer zu sehen, als sie durch diese Gläser entworfen werden, so darf man sie nur durch ein Converglas betrachten, so werden sie durch dieses abermal können vergrößeret werden.

394. Wenn ihr, was von der Camera Obscura ist gesagt worden, mit der Einrichtung eines Auges vergleichet, so werdet ihr wahr nehmen, daß beyde sehr viel mit einander überein kommen. Beyde bestehen aus ähnlichen Theilen: diese Theile haben beyderseits einerley Verrichtung. Die Höhlung, in welche die hölzerne Kugel gesetzet wird, stellet die Höhlung vor, in welcher das Aug liegt: die hölzerne Kugel die Kugel des Auges: das in die Kugel gebohrte Loch den Augapfel: das Converglas die Stralen brechende Säfte: die weiße Wand das Netzhäutlein: das Zimmer muß finster gemacht werden, gleich wie aus dem innern des Auges alles Licht ausgeschlossen wird, welches nicht durch den Augapfel eingeht: die Beweglichkeit der Kugel dienet, daß man dieselbe nach allen umherliegenden Gegenständen gerade zu richten kann: eben deßwegen ist auch das Aug beweglich. Das durch die Kugel gemachte Loch muß genugsame Stralen von den Objecten in das Zimmer einlassen, wie der Augapfel in das Aug. Das Glas muß dieselbe brechen, und durch die Brechung wieder in einen Punct vereinigen, wie die Säfte in dem Auge: die weiße Wande muß die Bilder in gehöriger Entfernung auffangen, wie die Retina.

395. Man könnte auch eine Camera Obscura verfertigen, ohne ein Glas dazu zu gebrauchen. Man darf nur

das

das Zimmer vollkommen finster machen, und ein sehr kleines Loch etwan von einer Linie im Durchmesser in einem Fensterladen eröffnen, so werden sich auf der entgegen gesetzten weißen Wande die Bilder der Objecte entwerfen; denn die von einem jeden Puncte eines Objects auf dieses kleine Löchlein fallenden Stralen werden auch auf der weißen Wande einen so kleinen Raum einnehmen, der nicht viel größer als eben dasselbe Löchlein ist; es kann also dieser kleine Raum noch für einen Physischen Punct gehalten werden: und das Object muß folglich auf der weißen Wande mit allen seinen Farben erscheinen. Aber es sieht ein jeder leicht selbst, daß diese Bilder weit undeutlicher und zugleich weit schwächer seyn müssen, als jene die man durch Hilfe eines Convexglases gestaltet: undeutlicher, weil die von einem Puncte des Objects ausgefahrenen Stralen nicht mehr so genau in einen Punct vereiniget werden, sonder einen kleinen Kreis, wie eben ist gesagt worden, einnehmen: schwächer, weil durch ein so kleines Löchlein nur sehr wenige Stralen von einem jeden Puncte des Objects einfallen.

396. Die Camera Obscura dienet nicht nur zur Ergetzung: sie hat auch beträchtliche Nutzbarkeiten. Was ihr immer perspectivisch entwerfen wollet, därfet ihr nur vor das Objectivglas einer Camera Obscura stellen, so wird sich sein Bild deutlich an der gegen über stehenden Wande entwerfen, welches ihr dann ohne alle Beschwerniße nachzeichnen könnet. Ihr habet auch diesen beträchtlichen Vortheil dabey, daß ihr eine jede Sache in ihrer natürlichen Größe, größer oder kleiner entwerfen könnet; denn wenn ihr ein Object in einer größern Entfernung von dem Objective stellet, als dessen doppelte Focallänge beträgt, so wird sein Bild kleiner als das Object selbst seyn. Wenn die Entfernung vom Objective der doppelten Focallänge gleich ist,

so

so wird das Bild dem Objecte vollkommen gleich seyn: ist endlich die Entfernung vom Objective kleiner als die doppelte Focallänge, so wird das Bild größer als die Sache selbst seyn, welches alles aus dem 209.ten §. erhellet.

397. Um nun diese Abzeichnung kommentlich machen zu können muß man ein so eingerichtete Camera Obscura haben, welche leicht von einem Orte an das andere überbracht werden kann (Camera obscura portatilis) Es giebt mehrere dergleichen Einrichtungen. Ich will nur eine beschreiben: welche vom Herrn Georg Friderich Brander verfertiget wird, und auch schon von ihm selbst in einem gedruckten Werklein ist beschrieben worden. Die 52ste Figur Tab. XII. stellet die ganze Maschine für, wie sie zum Gebrauche fertig steht. A ist das Fußgestell, zwischen dessen beyden aufrecht stehenden Seitenwänden der Kasten BB gesetzet wird, so daß er zugleich auf den am Fußgestelle über sich gehenden Schrauben ruhet wodurch man dem Kasten nicht nur eine beliebige Stellung geben, sondern ihn auch in dieser Stellung befestigen kann. Oben bey D auf diesem Kasten ist eine viereckigte offene Rahm von beyläufig zehen Zollen ins Gevierte, in welche eine eben so große Glastafel, die auf einer Seite matt geschliffen ist, eingelassen worden. Unter welcher in dem Kasten selbst ein unter einem Winkel von 45 Graden schief liegender Spiegel sich befindet. Außer Diesem sind noch in dem vordern Theile dieses Kastens drey in einander gehende Zugröhren oder Schüber von dünnen Brettchen C, C, C zu sehen, welche sehr leicht und willig aus und ein geschoben werden können, in derer äußersten bey f das Objectivglas eingeschlossen ist. Die Weite dieser Röhre richtet sich nach der Breite der Glastafel, die Länge aber hängt von der Focallänge des Objectivglases ab. Wenn alle drey Röhren in einander geschoben sind,

so

so ist die Länge der ganzen also zusammen geschobenen Maschine der Focallänge des Objectivs gleich. Durch das Herausziehen kann die Maschine bis auf das doppelte eben dieser Focallänge verlängeret werden. Durch Hilfe einer also eingerichteten Camera Obscura kann man was immer für ein Object, es mag dasselbe ein gemaltes, gestochenes oder poußiertes Portrait, oder eine andere Figur seyn, wie sie Namen haben mag, in beliebiger Proportion abzeichnen. Wenn man aber verlanget, daß das Bild eine gewiße Proportion gegen dem Objecte haben soll, so muß man foderist wissen, wie weit die drey Röhren C, C, C ausgezogen werden müssen, oder was eines ist, wie weit das Objectivglas vom matten Glase zu entfernen ist: und zweytens wie weit das zu entwerfende Object von dem Objectivglase muß gestellet werden. Das zweyte zu bestimmen dienet folgender

Lehrsatz.

398. Der eilffache Durchmesser des Bildes verhält sich zur zehenfachen Summe aus den Durchmessern des Objects und des Bildes wie der Radius des Objectivglases zu der Entfernung des Objects vom Objective.

Beweis. In der 53.ten Figur, wenn AB den Durchmesser eines Objects, a b aber den Durchmesser seines in der Camera Obscura entworfenen Bildes vorstellet, haben wir diese Proportion

A B : a b :: C I : C i.

Wenn wir nun den Durchmesser A B des Objects mit A, und den Durchmesser a b des Bildes mit a, die Entfernung C I des Objects vom Objectivglase mit d den Radius des Objectivs mit r benennen, so wird C i seyn gleich

$\frac{10\,d\,r}{11\,d - 10\,r}$ (§. 97.) Und wenn wir diese Werthe in der eben angezeigten Proportion setzen, so bekommen wir

$$A : a :: d : \frac{10\,d\,r}{11\,d - 10\,r}$$

Wenn wir die zwey äußern Glieder, und auch die zwey mittlern durch einander multiplicieren, so entsteht diese Gleichung.

$$\frac{10\,A\,d\,r}{11\,d - 10\,r} = a\,d$$

Wenn wir den Bruch aufheben, so bekommen wir

$10\,A\,d\,r = 11\,a\,d^2 - 10\,a\,d\,r$ oder

$10\,A\,r = 11\,a\,d - 10\,a\,r$ oder

$11\,a\,d = 10\,A\,r + 10\,a\,r = 10 \times \overline{A + a} \times r$

Und wenn wir diese Gleichung wieder in eine Proportion auflösen, so entsteht

$11\,a : 10 \times \overline{A + a} :: r : d$ welches zu erweisen war.

399. Man kann also die Entfernung zu finden, welche das Object vom Objectivglase haben muß, damit der Durchmesser des Bildes zum Durchmesser des Objects ein gegebenes Verhältniß habe, diese practische Regel geben.

Addieret die Größe des Durchmessers des Objects und des Bildes in eine Summe: multiplicieret sie mit 10, alsdenn wieder durch den Radius des Objectivglases; das Product dividieret durch das eilfache des Durchmessers des Bildes: der Quotient giebt die Entfernung des Objects.

Spengler.

Exempel.

400. Wir wollen setzen das Objectiv habe $21\frac{1}{2}$ Zolle im Radius: der Durchmesser des Objects soll sich zum Durchmesser des Bildes verhalten wie 3 zu 1: oder was eines ist, das Bild soll dem Durchmesser nach $\frac{1}{3}$ des Objects seyn. Wie weit muß das Object vom Objective gestellet werden?

Ihr habet $\left.\begin{array}{l} A = 3 \\ a = 1 \\ r = 21.5 \end{array}\right\}$

Hieraus entsteht

$$d = \frac{\overline{A+a} \times 10 \times r}{11a} = \frac{\overline{3+1} \times 10 \times 21.5}{11 \times 1} = 78.2$$

Das Object muß also 78 Zolle weit von dem Objective gestellet werden, so wird der Durchmesser des Bildes dreymal kleiner als der Durchmesser des Objects werden.

Zweytes Exempel.

401. Der Radius des Objectivs sey wie zuvor $21\frac{1}{2}$ Zolle. Der Durchmesser des Objects soll sich zum Durchmesser des Bildes verhalten wie 2 zu 1. Wie weit muß das Object vom Objective entfernet werden?

Wir haben $\left.\begin{array}{l} A = 2 \\ a = 1 \\ r = 21.5 \end{array}\right\}$

Folglich ist

$$d = \frac{\overline{A+a} \times 10 \times r}{11a} = \frac{\overline{2+1} \times 10 \times 21.5}{11} = 58.64 \text{ bey nahe.}$$

Drit-

Drittes Exempel.

402. Der Radius des Objebtivs sey wie oben $21\frac{1}{2}$ Zolle. Der Durchmesser des Bildes soll sich zum Durchmesser des Objects verhalten wie 1 zu 6. Wie weit muß das Object vom Objective entfernet stehen?

Wir haben $\begin{cases} A = 6 \\ a = 1 \\ r = 21.5 \end{cases}$

Folglich

$$d = \frac{A + a \times 10 \times r}{11\,a} = \frac{6 + 1 \times 10 \times 21.5}{11} = 136.82 \text{ bey nahe.}$$

403. Anmerkung. Der §. 398. gesetzte Lehrsatz gründet sich auf jene §. 97. für divergierend einfallende Stralen berechnete Formel $x = \frac{10\,d\,r}{11\,d - 10\,r}$. Nun aber gründet sich diese Formel auf jenes Gesetz der Stralenbrechung, kraft dessen sich im Eingange eines Lichtstrals aus dem Luft in das Glas der Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des gebrochenen verhält wie 31 zu 20. Wollte man, mit einer geringern Genauigkeit zu frieden, dieses Verhältniß in kleinern Zahlen ausdrücken, und annehmen, der Sinus des Einfallswinkels verhalte sich zum Sinus des gebrochenen wie 3 zu 2 (welches dann wirklich von sehr vielen Optickern angenommen wird) so würde diese Formel $x = \frac{10\,d\,r}{11\,d - 10\,r}$ in diese einfachere $x = \frac{dr}{d - r}$ veränderet werden. Wenn nun das übrige wie in dem Beweise des angezogenen Lehrsatzes (§. 398.) fortgesetzet würde, so erhielte man am Ende folgende Proportion

a : A + a :: r : d das ist

Der Durchmesser des Bildes verhält sich zum Durchmesser des Objects und des Bildes zusammen, wie der Radius des Objectivs zu der Entfernung des Objects vom Objective. Die practische Regel §. 399. würde hiemit in diese verwandelt werden. Addieret den Durchmesser des Objects und des Bildes in eine Summe: multiplicieret sie durch den Radius des Objectivs: das Product dividieret durch den Durchmesser des Bildes: der Quotient ist die Entfernung des Objects vom Objective.

Nach Vorschrift dieser Regel würdet ihr in dem ersten Exempel §. 400. die Entfernung des Objects vom Objective finden = 86: im zweyten Exempel (§. 401) = 64.5: im dritten Exempel (§. 402.) = 150.5. Aus welchem ihr dann erkennet, daß wenn man die Entfernungen des Objects nach dieser einfachern Regel suchet, der Fehler bey einem Objective von $21\frac{1}{2}$ Zollen im Radius, wenn der Durchmesser des Bildes 6mal kleiner als der Durchmesser des Objects verlanget wird, sich fast auf $13\frac{1}{2}$ Zolle beläuft. Wäre der Radius des Objectivs größer, oder sollte das Bild in Ansehung des Objects noch kleiner werden, so würde auch dieser Fehler noch größer werden.

404. Ist nun die Entfernung des Objects vom Objectivglase gefunden, so läßt sich die Entfernung i C des Objectivs von der matt geschliffenen Glastafel gar leicht bestimmen, oder was eines ist, es läßt sich leicht bestimmen, wie weit die Röhren C, C, C müssen ausgezogen werden, damit das Bild des Objects in der verlangten Größe und Deutlichkeit sich auf der matten Glastafel entwerfe. Denn der Durchmesser A B des Objects verhält sich zum Durch-

mes-

messer a b des Bildes, wie die Entfernung C I des Objects vom Objective zur Entfernung C i des Objectivs vom Bilde, oder von der Glastafel, auf welcher das Bild entworfen wird. Wenn wir also die §. 398. angenommenen Benennungen beybehalten, und den Durchmesser des Objects durch A, den Durchmesser des Bildes durch a, die Entfernung des Objects vom Objective durch d, die Entfernung aber des Bildes oder der Glastafel vom Objective durch x benennen, so entsteht diese Proportion:

A : a :: d : x Folglich ist

$$x = \frac{a\,d}{A}$$

405. Wir wollen in den dreyen oben gesetzten Exempeln die Anwendung machen.

In dem ersten Exempel

ist $\begin{cases} A = 3 \\ a = 1 \\ d = 78.2 \end{cases}$

Folglich ist $C\,i = x = \frac{a\,d}{A} = \frac{78.2}{3} = 26.06$ bey nahe.

Im zweyten Exempel.

ist $\begin{cases} A = 2 \\ a = 1 \\ d = 58.64 \end{cases}$

Folglich $x = i\,C = \frac{58.64}{2} = 29.32$

Im dritten Exempel.

ist $\begin{cases} A = 6 \\ a = 1 \\ d = 136.82 \end{cases}$

Folglich $x = \frac{a\,d}{A} = \frac{136.82}{6} = 22.8$ bey nahe.

406. Damit man bey dem wirklichen Gebrauche nicht jederzeit die Mühe der Berechnung haben muß, so will ich hier eine Tabelle beysetzen, in welcher für ein Objectiv von 2 Schuhen oder 24 Zollen im Radius, die Entfernung des Objects und der Glastafel vom Objective nach den angezeigten Regeln berechnet sind für verschiedene Verhältniße des Durchmessers des Bildes zum Durchmesser des Objects: wobey dieses zu merken ist, daß in der ersten Reihe das Verhältniß des Durchmessers des Bildes zum Durchmesser des Objects durch einen Bruch also ausgedrücket ist, daß der Numerator den Durchmesser des Bildes der Denominator aber den Durchmesser des Objects anzeiget. In der zweyten Reihe ist die Entfernung des Bildes vom Objective enthalten, oder was eines ist, die Länge, welche die ganze Maschine durch Ziehung der Röhren C, C, C bekommen muß.

Verhältniß des Durchmessers des Bildes zum Durchmesser des Objects.	Länge der Maschine.		Entfernung des Objects vom Objective.	
	Schuh.	Zolle.	Schuh.	Zolle.
$\frac{1}{12}$	1.	11.64	23.	7.64
$\frac{1}{11}$	1.	11.8	21.	9.82
$\frac{1}{10}$	2.		20.	
$\frac{1}{9}$	2.	0.24	18.	2.18
$\frac{1}{8}$	2.	0.55	16.	4.36
$\frac{1}{7}$	2.	0.94	14.	6.55
$\frac{1}{6}$	2.	1.45	12.	8.73
$\frac{1}{5}$	2.	2.18	10.	10.91
$\frac{1}{4}$	2.	3.27	9.	1.09
$\frac{1}{3}$	2.	5.09	7.	3.27
$\frac{1}{2}$	2.	8.72	5.	5.45
1	3.	7.64	3.	7.64

407. Man kann durch Hilfe dieser Tabelle was immer für ein Objeet in selbst beliebiger Größe entwerfen, doch so, daß das entworfene Bild immer kleiner bleibe, als das zu entwerfende Object, oder aufs höchste ihm gleich werde. Freylich könnte man gar leicht und aus den nämlichen Grundsätzen die Tabelle erweitern, daß sie auch für solche Abzeichnungen diente, in welchen das Bild größer als das Object würde. Allein ich hielte dieses für fast unnöthig, weil in dieser Absicht die Röhren C, C, C sehr weit ausgezogen werden müßten, welches die Einrichtung und den Ge-

brauch der Maſchine iu etwas unbequem machen wür-
de.

408. **Anmerkung.** Wenn das Verhältniß welches das Bild zum zuentwerfenden Objecte bekommen ſoll, nicht in den Durchmeſſern, ſonder in den Oberflächen derſelben gegeben wäre, ſo därfet ihr nur aus den Oberflächen die Quadratwurzeln ausziehen; die Wurzeln werden das Verhältniß der Durchmeſſer geben; deun, wie aus der Geometrie bekannt, die Oberflächen ähnlicher Körper verhalten ſich wie dir Quadrate ihrer Durchmeſſer. Ihr könnet alsdenn das alſo gefundene Verhältniß der Durchmeſſer in eurer Tabelle Suchen, und die Länge der Maſchine und die Entfernung des Object nach Vorſchrift der Tabelle einrichten. Wir wollen ſetzen die Oberfläche des Bildes ſoll viermal kleiner als die Oberfläche des Objects werden. Wenn ihr die Quadratwurzel aus 1 und aus 4 ausziehet, ſo ſind ſie 1 und 2. Suchet alſo in der Tabelle in der erſten Reihe das Verhältniß $\frac{1}{2}$. Ihr findet darneben für die Länge der Maſchine 2 Schuhe und 8.7 Zolle: und für die Entfernung des Objects 5 Schuhe 5.45 Zolle. Ihr müſſet alſo das Object 5 Schuhe und 5.45 Zolle vom Objective entferuen, und die Röhren C, C, C ſo weit ausziehen, daß das Objectiv 2 Schuhe und 8.7 Zolle von der Glastafel abſtehe, ſo wird das auf ſelber entworfene Bild ſeiner Oberfläche nach 4mal kleiner als das Object ſeyn. Wäre daß durch Ausziehung der Quadratwurzeln gefundene Verhältniß der durchmeſſer in der Tabelle nicht enthalten, ſo könnet ihr nach Vorſchrift des 399 und 401ten §: die Entfernung des Objects und die Länge der Maſchine berechnen.

Auf

Auf gleiche Art wenn das Verhältniß des Bildes und des zu entwerfenden Objects nicht in den Durchmessern, und auch nicht in den Oberflächen, sonder in den ganzen körperlichen Inhalten gegeben wäre, so därfet ihr nur aus den gegebenen körperlichen Verhältnißen die Cubicwurzeln ausziehen, (denn die Körper verhalten sich wie die Cubi ihrer Durchmesser) und alsdenn für das also gefundene Verhältniß der Durchmesser die Entfernung des Objects und die Länge der Maschine entweders aus der Tabelle nehmen, oder wenn das gefundene Verhältniß der Durchmesser nicht darinn enthalten ist, nach den gegebenen Grundsätzen berechnen.

409. **Zweyte Anmerkung.** Im Gebrauch der Maschiene ist uoch dieses zu beobachten. Damit man die in jedem Falle erforderte Länge leicht, und ohne viel messen zu därfen, geben könne, so wäre es gut, wenn alle Längen, welche man in verschiedenen Fällen der Maschine geben kann, auf den Zugröhren C, C, C verzeichnet wären. Nun diese Verzeichnung könnte meines Erachtens leicht auf folgende Art geschehen. Erstlich messe ich genau, wie weit das Objectivglase von der matten Glastafel erfernet ist, wenn alle Röhren ganz eingeschoben sind. Dieses findet man, wenn man vom Objective bis zum Mittelpuncte des schiefstingenden Spiegels, und alsdenn von diesem Senkrecht in die Höhe bis zur matten Seite der Glastafel mißt. Wir wollen setzen diese Länge betrage 1 Schuh und 10 Zolle. Alsdenn ziehe ich die innerste Zugröhre einen Zoll weit heraus: es wird nun die Länge der ganzen Maschine 1 Schuh und 11 Zolle halten. Ich ziehe in dieser Stellung an der Leiste des Kastens B auf der innersten Zugröhre eine Querlinie, und schreibe 1 Schuh

11 Zolle darneben. Ich ziehe eben diese innerste Röhre wieder um einen Zoll heraus, ziehe an der Leiste eine Querlinie, und schreibe darneben 2 Schuhe: und so fahre ich immer fort, so weit sich die innerste Röhre ohne der Festigkeit zu schaden, ausziehen läßt. Wir wollen setzen, sie lasse sich 7 Zolle weit ausziehen, so werde ich die Maschiene durch Ausziehung dieser einzigen Röhre bis auf 1 Schuhe und 5 Zolle verlängern können. Nun fange ich an die zweyte Röhre auszuziehen, indem ich jedesmal, wenn ich einen Zoll weit ausgezogen habe, eine Querlinie ziehe, und die gehörige Zahl dazuschreibe. Wir wollen setzen, diese zweyte Röhre lasse sich abermal 7 Zolle weit ausziehen, so kann durch Ausziehung der zwo innern Röhren die Maschine bis auf 3 Schuhe verlängeret werden. Auf gleiche Art theile ich auch die dritte Zugröhre in Zolle ab. Wenn sich auch diese 7 Zolle weit ausziehen läßt, aller so kann ich durch Ausziehung drey Röhre die Maschine bis auf 3 Schuhe und 7 Zolle verlängern. Ist nun diese Autheilung auf den Zugröhren angebracht, und mit Zahlen bezeichnet, so ist nichts leichter, als der Maschine die in jedem Falle erforderte Länge zu geben. Wir wollen setzen, ihr verlanget ein gewißes Object also abzuzeichnen, daß der Durchmesser des Bildes halb so groß als der Durchmesser des Objects werde. Suchet in der Tabelle in dem ersten Behältniße die Zahl $\frac{1}{2}$: ihr findet darneben als die Länge der Maschine 2 Schuhe und 8.7 Zolle. Ziehet das innerste Rohr ganz, nämlich bis zur letzten Abtheilung heraus, und ihr erkennet aus der dort angeschriebenen Zahl, das nunmehr die Maschine 2 Schuhe und 5 Zolle lang sey: ziehet also die zweyte Röhre 3 Zolle weit heraus, so wird die Länge der Maschine 2 Schuhe und 8 Zolle betragen, welches ihr auch aus der dort angeschriebenen

Zahl

Zahl erkennen werdet. Nun muß die Maschine noch um $\frac{7}{10}$ eines Zolls verlängeret werden, dieses kann entweders durch das Schätzen geschehen, oder man kann in der innersten Zugröhren nach den 7 dort verzeichneten Zollen, noch einen achten Zoll, und in der ersten Zugröhre den ersten Zoll in 10 Linien abtheilen, so wird man im Stande seyn in jedem Falle der Maschine die gehörige Länge bis auf den 10ten Theil eines Zolles zu geben.

Ferner ist zu merken, daß man das zu entwerfende Object jederzeit also stelle, daß es von der Sonne entweder Gerade zu oder durch Spiegel auf der gegen dem Objective gekehrten Seite stark erleuchtet werde. Die matte Glastafel aber muß also eingelegt werden, daß die mattgeschliffene Seite von oben her sey. Sie muß auch von allem fremden Licht sorgfältig bewahret werden, daher der abzeichnende den bey E entworfenen Hut über sich deken kann. Das Object muß gerad gegen die Camera Obscura und nicht in einer schiefen Lage gestellet werden. Endlich wird die Abzeichnung auf dem matten Glase mit Röthl oder mit gutem Tusche gemacht. Ist die Zeichnung fertig, so legt man auf dieselbe ein feuchtes Papier, drückt es sanft auf, so wird die ganze Zeichnung auf das Papier übertragen seyn. Weil aber das nasse Papier im trücknen etwas eingeht, so muß man die Zeichnung allezeit um etwas weniges größer machen, als man dieselbe auf dem Papier zu haben verlanget.

Siebendes Kapitel.

Beschreibung einer optischen Universalmaschine.

410. Zum Beschluß muß ich noch eine Maschiene beschreiben, welche der von mir so oft gerühmte Herr Georg Fridrich Brander erst kürzkich erfunden und mir zu meinem nicht geringen Vergnügen zu weisen, die Gütigkeit gehabt hat. Es schicket sich die Beschreibung dieser Maschiene um soviel besser zum Beschluße dieses Werkleins, weil sie allein so zu sagen, ein Begriff und eine Vereinigung fast aller optischer Werkzeige ist, die ich mich bisher zu erklären beflissen habe; denn diese Maschine dienet erstens als eine Camera Obseura; zweytens als ein astronomisches Fernrohr: Drittens als ein zusamengesetztes Microscop: Viertens als ein Sonnenmikroscop: fünftens dienet sie als ein Helioscop die Mackeln der Sonne oder ihre Verfinsterung zu beobachten, und die Größe der Verfinsterung leicht zu bestimmen: sechstens endlich dienet sie die Länge einer Horizontallinie auf dem Felde leicht und sicher zu messen. Es erhellet aus diesem zur Genüge die vielfältige Nutzbarkeit dieses Instruments, und wie vieles Vergnügen es Liebhaber der Optick schaffen kann. Lasset uns jetz die Einrichtung und den Gebrauch dieser Maschine in allen oben erwähnten Fällen erklären.

411. Die LIV Figur stellet dieses Instrument für, wie es als eine Camera Obscura zum Gebrauch fertig sieht. Weil nun die Maschine, wie sie zu dieser Absicht dienet, mit der in dem vorhergehenden Kapitel §. 397

weitläufig genug beschriebenen Camera Obscura in den Haubttheilen übereinkömmt, so will ich in ihrer Beschreibung mich nicht mehr lang aufhalten. Geilmn ist ein Kasten aus schwarz gebeitztem Holz. In diesem Kasten geht eine Zugröhre b ebenfalls von schwarz gebeitztem Holz, welche in demselben willig aus und ein mag geschoben werden. Bey c ist ein Objectivglas von etwan zween Schuhen Focallänge eingefasset. Gi stellet einen unter einem Winkel von 45 Graden inclinierten Planspiegel für. Oben auf dem Viereckigten Theile gop des Kastens liegt eine auf einer Seite mattgeschliffene Glastafel. A ist ein Dekel aus ebenfalls schwarzem Holz, welcher bey o und p in charnieren geht, und nach belieben eröffnet oder geschlossen werden kann. Wenn die Maschine als eine Camera Obscura dienen soll, so muß dieser Deckel jederzeit geöffnet seyn.

412. Wenn man nun ein Object durch diese Maschine betrachten will, so richtet man sie gerade zu auf dieses Object. Wenn es in dieser Absicht nöthig ist, die Maschine in etwas zu erhöhen: so schiebet man das bey d entworfene prismatische Holz darunter, wodurch die Maschine um so viel mehr erhöhet wird, je tiefer dieses Holz gegen e geschoben wird: denn der ganze Kasten ist bey e in charnieren beweglich. Ist die Maschine gerade zu auf das Object gerichtet, so ziehet man die Zugröhre b so lang heraus, bis sich ein deutliches Bild des Objects auf der matten Glastafel zeiget. In dieser Stelle wird die äußerste Zugröhre befestiget, indem man in jenes Löchlein (dergleichen mehrere auf der Oberfläche der Zugröhre eingebohret, und bey f entworfen sind) welches von der Face des Kastens abgeschnitten wird, ein kleines Zäpfchen einstecket.

413. Die Theorie dieser Maschine läßt sich leicht begreifen. Es werden nämlich alle Stralen, die von was immer für einem Puncte des Objects auf das ganze Objectivglas fallen, durch dieses gebrochen, und also gegen einander gebogen, daß sie sich irgendwo hinter dem Objective mit ihrer Achse wieder in einem Puncte vereinigen würden, wenn sie anderst ohngehinderet bis dahin fortfahren könnten. Nun aber stoßen diese Stralen, ehe sie sich wieder in einem Puncte vereinigen, auf den unter einem Winkel von 45 Graden inclinirten Planspiegel auf: sie werden hiemit von diesem also in die Höhe geworfen, daß sie sich so weit vor dem Spiegel vereinigen, so weit hinter demselben die Vereinigung geschehen wäre, wenn die Stralen bis dahin frey hätten fortfahren können. Wenn also die Glastafel die gehörige Entfernung vom Objective hat (diese bekömmt sie durch die Auszihung der Zugröhre) so muß ein jeder Punct des Objects, und eben darum das ganze Object deutlich darauf abgebildet erscheinen. Diese Abbildung kann alsdenn nach belieben betrachtet, oder auch nachgezeichnet werden. Daher dann alles hier angewendet werden kann, was von Abzeichnung der Gegenstände durch Hilf einer Camera Obscura im vorhergehenden Capitel ist gesagt worden. Es wird sich nämlich jederzeit der Durchmesser des Bildes zum Durchmesser des Objects verhalten wie die Entfernung des Bildes (oder der Glastafel) vom Objective zur Entfernung des Objects von eben diesem Objective.

414. Will man diese Maschine als ein astronomisches Fernrohr gebrauchen, so nimmt man die bey g o p eingelegte mattgeschliffene Glastafel heraus: schliesset den Deckel a zu, wie es Fig. LV entworfen ist. In diesem De-

kel ist ein kleines Rohr h angebracht, in welches ein anderes i schliefet, das ein Ocularglas in sich enthält, dessen Focus bis dahin reichet, wo zu vor die matte Glastafel gelegen war. Die also zugerichtete Maschine wird auf die zu betrachtende Gegenstände auf eben die Art gerichtet, wie vorher von der Camera Obscura ist gesagt worden. Die Zugröhre b wird so lang aus oder ein geschoben, bis der Gegenstand dem bey o angelegten Auge deutlich erscheinet. In dieser Stellung wird die Zugröhre durch ein eingestecktes Zäpfchen befestiget.

415. Wer das, was von dem astronomischen Fernrohre in dem zweyten Kapitel ist gesagt worden, wohl begriffen hat, wird alsogleich in dieser so eingerichteten Maschine ein solches astronomisches Fernrohr erkennen. Alle Stralen, die von was immer für einem Puncte des Objects auf das Objectivglas bey c einfallen, werden von diesem also gebrochen, daß sie sich hinter demselben in der Entfernung der Focallänge eben dieses Glases wieder in einem Puncte vereinigen würden, wenn sie bis dahin ohngehinderet gelangen könnten. Nun aber stossen diese Stralen von ihrer Vereinigung auf den unter 45 Graden inclinierten Planspiegel: sie springen hiemit von diesem also zurück, daß sie sich oben her eben so weit vor dem Spiegel vereinigen, so weit hinter demselben die Vereinigung geschehen wäre, wenn die Stralen frey bis dahin hätten fortfahren können. Es wird also ein jeder Punct des Gegenstandes im freyen Luft, und eben an jenem Orte abgebildet, wo zuvor die matte Glastafel gelegen war: und weil dieses Bild im Focus des im Rohr i gefaßten Oculars liegt, so wird es durch dieses deutlich und vergröβeret gesehen.

416. Die Vergrößerungskraft läßt sich hier auf eben die Art bestimmen wie §. 269. von gemeinen astronomischen Fernrohren ist gesagt worden. Es verhält sich nämlich der Winkel, unter welchem der Gegenstand in diesem Fernrohre erscheinet, zu dem Winkel, unter welchem er dem freyen Auge erscheinen würde; oder was eines ist, es verhält sich die scheinbare Größe durch das Fernrohr zur scheinbaren Größe vom freyen Auge, wie die Focallänge des Objectivs zur Focallänge des Oculars. Wenn demnach das Objectiv 2 Schuhe, das Ocular $1\frac{1}{2}$ Zoll Focallänge hätte, so würde ein Gegenstand 18mal größer, oder was eines ist, 18mal näher durch dieses Fernrohr als vom freyen Auge erscheinen. Der Beweis läßt sich auf eben die Art machen wie §. 269.

417. Es hat dieses Fernrohr vor den sonst gewöhnlichen astronomischen noch diese zween Vortheile. Erstens siehet man die Gegenstände nicht in verkehrter Stellung sonder aufrecht, wie für sich selbst erhellet. Zweytens hat man ein unvergleichlich größeres Feld. Denn wenn C Fig. LVI. den Mittelpunct des Objectivs, D F aber die Weite oder den Durchmesser des viereckigten Kastens fürstellet, so wird alles was zwischen dem Winkel G C H oder dem ihm gleichen D C F liegt, inner dem Kasten abgebildet, und entworffen. Freylich kann man dieses alles auf einmal durch das Ocular nicht übersehen. Allein wenn man dem Oculare eine sehr sanfte Bewegung zur Rechten und zur linken hin geben kann, so läßt sich nach und nach alles, was im Kasten entworfen ist, das ist, alles was zwischen dem Winkel G C H liegt, übersehen, ohne die Maschine im mindesten verrücken zu dürfen.

Diese Beweglichkeit des Oculars zu erhalten, ist das Rohr h und in diesem das Rohr i (Fig. LV.) in welchem

das Ocular enthalten ist, in einem Schieber K eingesetzet, welcher sich sehr sanft zur Rechten und Linken schieben läßt. Eben dieser Schieber ist nicht flach oder eben, sondern krum gebogen, und zwar von einer solchen Krümmung, welche mit dem Radius des Objectivglases bey nahe zutrift. Die Ursache dessen zu begreifen kann man also folgern. Die Gegenstände, die wir durch Fernrohre zu betrachten pflegen, sind gewöhnlicher Maßen so weit entfernet, daß die aus was immer für einem Puncte desselben auf das Objectiv fallenden Stralen als unter einander parallel können angesehen werden: Es werden hiemit alle Puncte, oder alle Theile des ganzen Gegenstandes in einer gleichen Entfernung vom Objective nämlich in der Entfernung der Focallänge entworfen. Das ganze Bild des Gegenstandes ist also keine gerade Linie oder Fläche, sonder es ist ein Stück eines Zirkels oder einer Kugelfläche, welche den Mittelpunct des Objectivs zum Centro und die Focallänge desselben zum Radio hat. Diese Krümmung ist bey einem sehr kleinen Theile des Bildes (dergleichen man in gewöhnlichen Fernrohren auf einmal übersehen kann) freylich noch nicht beträchtlich: aber wenn der Gegenstand, der abgebildet wird, und auch sein Bild ziemlich groß ist, so wird diese Krümmung schon beträchtlicher. Wir wollen setzen, AB Fig. LVII. sey der Gegenstand, so wird sein Bild a b ein aus c mit dem Radius c b beschriebener Zirkelbogen seyn. Weil nun die vom Objective gebrochenen Stralen, ehe sie sich vereinigen, und das Bild des Gegenstandes gestalten, auf den unter 45 Graden inclinierten Planspiegel fallen, so wird das Zirkelförmige Bild a b also in die Höhe geworfen, daß es in einem abwärts gekrümmmten Bogen liegt. Wenn nun das Rohr, in welchem das Ocular steht, in einen

flachen oder ebenen Schieber eingesetzt wäre, und die mittlern Puncte des Bildes im Focus dieses Oculars lägen, so würden, wenn der Schieber gerad hinüber geschoben würde, die seitwärts liegenden Theile des Bildes, als welche tiefer liegen, eine größere Entfernung vom Oculare haben, und folglich nicht mehr in dessen Focus stehen, und eben darum nicht mehr deutlich mögen gesehen werden. Aber wenn der Schieber auf die beschriebene Art gebogen ist, so sinkt in dem Hinüberschieben das Ocular immer so viel als die darunter liegenden Theile des Bildes: welche derowegen immer im Focus des Oculars bleiben, und eben darum deutlich erscheinen müssen.

418. Wenn ihr die Größe des Feldes, welches in dieser Maschine ohne sie verrücken zu dürfen, kann übersehen werden, berechnen wollet, so kann es auf eben die Art geschehen, wie §. 271. ist angezeiget worden. C E sey die Focallänge des Objectivs (Fig. LVI.) D F sey die innere Breite, oder der Durchmesser des Kastens, und D E dessen Hälfte. Nehmet den Logarithmus von D E nämlich der halben Breite des Kastens: nehmet das arithmetische Complement der Focallänge C E des Objectivglases: addieret beyde in eine Summe: sie ist der Logarithmus Sinus des halben Winkels D C F oder, was eines ist, des halben Feldes.

Exempel.

Es sey C E die Focallänge des Objectivs gleich 24 Zollen, oder 288 Linien. Die Weite D F des Kastens sey gleich 10 Zollen oder 120 Linien. Wie groß wird das Feld seyn?

Logarithmus der halben Weite	1.778151
Logarithmus der Focallänge	2.459392
Dessen Arithmetisches Complement.	7.540608
Samme	9.318759

Die Hälfte des Feldes . . . . . 12°. 1′. 30″ bey nahe
Das ganze Feld . . . . . 24°. 3′.

419. Anmerkung. Weil in dieser Maschine am Orte des Bildes kein Diaphragma gestellet werden kann, so muß man die vollkommene Deutlichkeit zu erhalten dem Ocularglase eine mäßige nicht gar zu große Oeffnung geben.

420. Wenn diese Maschine als ein zusammengesetztes Mikroscop dienen soll, so muß abermal die mattgeschliffene Glastafel weg bleiben, und bey g o p nicht eingelegt werden. Der Deckel bleibt ebenfalls geschlossen, wie Fig. LV. entworfen ist: das bey c eingesetzte Objectivglas wird herabgeschraubet: und an eben diesem Orte wird an dessen Statt das Fig. LVIII. entworfene Stück eingeschraubet, welches bey a eine mikroscopische Linse eingesetzet trägt: über dieses Stück wird noch ein anderes Fig. LIX. entworfenes angeschraubet. Die Maschine wird gegen dem einfallenden Tages oder Himmelslicht gerichtet. Der Schieber, auf dem das zu beschauende Object liegt, wird bey q (Fig. LIX.) eingeschoben, und durch Verwendung der Schraube d so lang näher zur Linse a gebracht oder von derselben entfernet bis sich das Object dem bey o (Fig. LV.) angelegten Auge deutlich und vergrößeret darstellet.

421. In dieser Also eingerichteten Maschine wird leicht ein jeder ein zusammengesetztes Mikroscop erkennen, der das, was von dem zusammengesetzten Mikroscope in dem ersten Capitel zweyten Absatze ist gesagt worden, begriffen, und noch in der Gedächtniß hat. Denn das Licht, welches auf das bey e (Fig. LIX.) eingesetzte convexe Glas fällt, wird von diesem enger zusammen, und auf das kleine auf dem Schieber liegende Object gebracht, welches dardurch ziem-

lich stark erleuchtet wird. Ist nun dieses Object durchsichtig, und hat eine größere Entfernung von der Objectivlinse a, als deren Focallänge beträgt, so würden die durch ein jeden Punct des Objects gefahrenen und von der Objectivlinse gebrochenen Stralen sich irgendwo hinter der Linse wieder in einem Puncte vereinigen (§. 99.) Es würde also irgendwo hinter der Linse ein deutliches Bild des ganzen Objects entstehen, wenn anderst die Stralen bis dahin gelangen könnten. Nun aber stossen sie, ehe sie sich vereinigen, auf den unter 45 Graden inclinierten Spiegel auf, sie werden also von diesem in die Höhe geworfen, und das Bild gestaltet sich in einer horizontalen Lage so viel vor dem Spiegel, als weit hinter dem Spiegel selbes gestaltet worden wäre, wenn die Stralen frey bis dahin hätten gelangen können. Wenn nun dieses Bild im Focus des im Rohr i (Fig. LV.) enthaltenen Oculars liegt, so werden die zu einem jeden Puncte gehörigen Stralen unter einander parallel, und also zum deutlichen Sehen tauglich werden. Weil das Ocular einen bestimmten und unveränderlichen Ort hat, so muß das Bild des Objects an einem bestimmten Orte entworffen werden, nämlich eben dort, wo die mattgeschliffene Glastafel liegt, wenn man die Maschine als Camera Obscura brauchet. Daß aber das Bild des Objects eben an diesem Orte gestaltet werde, hängt von der Entfernung des auf dem Schieber liegenden Objects von der Objectivlinse ab. Denn nachdem diese Entfernung größer oder kleiner ist, so wird das Bild in einer kleinern oder größern Entfernung hinter der Objectivlinse entstehen. Nun kann man die gehörige Entfernung, welche erfoderet wird, damit das Bild eben an dem Orte der Glastafel gestaltet werde, dem Objecte durch Drehung der Schraube d (Fig. LIX.) geben.

422. Die Vergrößerungskraft wird in dieser Gattung

der

der Mikroscope eben auf die Art gefunden, wie §. 205. ist gesagt worden. Man dividieret nämlich die Entfernung des Bildes von der mikroscopischen Linse durch die Entfernung des Objects von eben dieser Linse: der Quotient zeiget, wie oft das Bild das Object übertrift. Man dividieret zweytens eine Länge von 6 Zollen oder 72 Linien durch die Focallänge des Oculars: der Quotient zeiget, wie oft das Ocular das Bild abermal vergrößeret. Man multiplicieret endlich beyde also erhaltene Quotienten durch einander; das Product giebt die Vergrößerungskraft des ganzen zusammengesetzten Mikroscops.

Exempel.

423. Von der mikroscopischen Linse bis zu dem Mittelpuncte des Spieges seyn 20 Zolle: Vom Spiegel bis zum Orte des Bildes seyn 4 Zolle daß also die ganze Entfernung des Bildes vrn der Objectivlinse 24 Zolle oder 288 Linien betrage. Die Entfernung des Objects von der Objectivlinse sey 14 Linien. Die Focallänge des Oculars sey $1\frac{1}{2}$ Zoll oder oder 18 Linien. Wie stark wird die Vergrößerung seyn?

Dividieret 288 durch 14: der Quotient 20.5 zeiget, das Bild sey 20.5 mal größer als das Object. Dividieret 6. Zolle oder 72 Linien durch 18: der Quotient 4 zeiget, das Ocular vergrößere das Bild 4 mal. Multiplicieret 20.5 durch 4: das Product 82 zeiget, das ganze Mikroscop vergrößere das Object zwey und achzig mal, und zwar nach einer jeden Dimension.

424. Anmerkung. Weil in dieser Maschine das Bild allezeit ziemlich weit hinter der Objectivlinse entworfen wird, so siehet man leicht, daß man keine gar zu

kleine mikroscropische Linsen brauchen müsse, sonst würde die Vergrößerung gar zu stark, und eben darum das Bild etwas matt werden; weil das durch die kleine Linse gefahrene Licht in einen gar zu großen Raum ausgetheilt werden müßte. Zu dem so würde auch das Feld hierdurch sehr klein werden, wie aus dem erhellet, was §. 210. ist gesagt worden. Doch könnte man dieses Feld durch sanftes Schieben des im gebogenen Schieber eingesetzten Oculars erweitern.

425. Zweyte Anmerkung. Ich habe oben gesagt, man soll die Maschine gegen dem einfallenden Tages oder Himmelslicht richten; denn wenn man sie gegen die Sonne selbst richten wollte, so würde das Object gar zu stark erleuchtet werden, und das Auge blenden.

426. Wenn man die Maschine als ein Sonnenmikroscop branchen will, so bleibt die ganze Einrichtung die nämliche, wie sie für das zusammengesetzte Mikroscop kurz zuvor ist beschrieben worden, folgende drey Stücke ausgenommen. Erstens wird die matte Glastafel wieder an ihr Ort bey g o p (Fig. LIV.) eingelegt. Zweytens wird der Deckel a eröffnet, wie in eben dieser Figur zusehen ist; drittens wird die Maschine gerade zu gegen die Sonne gerichtet. In dieser Absicht ist vonnöthen die Maschine mehr zu erhöhen, als es durch Unterlegung des prismatischen Holzes füglich geschehen kann. Derohalben wird eine hölzerne Stütze (Fig: LV) nach Erforderniß in nähere oder entferntere Einschnitte des beweglichen Schiebers s t eingesetzet: und hierdurch kann die Maschine wenigst beynahe gegen die Sonne gerichtet werden, das wenige, so etwan noch abgeht, kann man durch Drehung der Schraube ohne Ende d verrichten, wodurch der mit ein-

schnit-

schnitten versehene Schieber s t ganz sanft für sich geschoben, oder zurückgezogen, und die Maschine um etwas weniges herabgelassen oder erhöhet wird.

Ist die Maschine gerade zu gegen die Sonne gerichtet, so werden die auf das ganze (Fig. LIX) bey e stehende Converglas fallenden Stralen von ihm gebrochen, enger zusammen und in großer Menge auf das auf dem Schieber liegende Object gebracht, welches dann sehr stark dadurch erleuchtet wird. Alle durch was immer für einen Punct dieses Objects fahrenden Stralen werden alsdenn von der bey a befindlichen mikroscopischen Linse also gegen einander gebogen, daß sie wieder alle gegen einem Puncte zielen. Weil sie aber, ehe sie zu diesem Puncte gelangen, auf den Planspiegel stossen, so werden sie von ihm in die Höhe geworfen, und gestalten auf der mattgeschliffenen Glastafel (wenn nämlich das Object die gehörige Entfernung von der Objectivlinse durch Drehung des Schraubens d Fig. LIX. bekommen hat) ein deutliches und großes Bild des Oobjects: welches man, indem der Deckel eröffnet ist, nach Belieben betrachten kann.

427. Weil im übrigen diese Art des Sonnenmikroscops, was die Berechnung der Vergrößerungskraft und des Feldes, und die Art selbes zu brauchen betrift, mit dem §. 254. beschriebenen fast übereinkömmt, so will ich mich in einer weitläuftigern Beschreibung nicht mehr aufhalten.

428. Will man durch Hilfe dieser Maschine die Sonne betrachten, um etwan ihre Makeln zu sehen, oder eine Finsterniß zu beobachten, und die Größe der Verfinsterung zu bestimmen, so kann dieses auf zweyerley Art geschehen. Denn erstens kann man die Maschine als ein astronomisches Fernrohr gebrauchen, dessen Einrichtung schon §. 414. ist beschrieben worden. Wobey aber noch dieses zu merken ist.

An die Stelle des matt geschliffenen Glases lezt man das im Brettlein abcd (Fig, LX.) gefaßte und auf Glas sehr subtil eingeschnittene Netzlein. Dieses Netzlein ist genau von einer solchen Größe gemacht, daß es eben den ganzen Durchmesser des Sonnenbildes, da er am größten ist, faßet. Es ist ferner durch lauter sehr subtil gezogene Parallellinien in 12mal 12 oder 144 kleine Quadratchen eingetheilet. Vor dem Ocularglase bey i (Fig. LV.) wird ein gefärbtes oder geräuchertes Glas eingelegt, damit das heftige Licht der Sonne gemäßiget, und also dieselbige ohnbeschädiget möge betrachtet werden.

429. Weil nun das Bild der Sonne eben auf diesem Netzlein entworfen wird, und weil durch das Ocularglas so wohl das Bild der Sonne, als die parallele Striche des Netzleins vergrößeret gesehen werden, so kann man ja leicht erkennen, wie weit der verfinsterte Theil in das Netzlein reiche, ob er etwan bis zur ersten, zweyten oder dritten Parallellinien sich erstrecke, da sich dan die Verfinsterung auf einen, zween oder drey Zolle belaufen würde.

430. **Anmerkung.** Weil das Netzlein eben den Durchmesser der Sonne fassen muß, und weil dieser Durchmesser, da er am größten ist 32 Minuten hält, so muß der Durchmesser des Netzleins eine 32 Minuten überspannende Sehne jenes Zirkels seyn, welcher mit einem der Focallänge des Objectivs gleichen Radio beschrieben ist. Es siehet also ein jeder, daß die Größe des Netzleins sich nach der Focallänge des Objectivglases richten muß, und daß man folglich das nämliche Netzlein nicht bey verschiedenen Objectiven brauchen kann.

431. Noch besser kann diese Maschine zur Beobachtung der Sonne gebraucht werden, wenn man sie als ein Helioscop auf folgende Art einrichtet. (Siehe Fig. LV.) das

bey

bey c eingesetzte Objectiv wird herabgeschraubet, an dessen Statt werden die Fig. LXI. entworfenen Röhre angeschrauber Die matte Glastafel wird bey g o p eingeleget, der Deckel eröffnet, die Maschine gegen der Sonne gerichtet, wie §. 426. ist angezeiget worden.

432. Damit ihr die ganze Theorie dieses Werkzeuges deutlich begreifet, muß ich noch anzeigen, wie die Fig. LXI. entworfenen Röhren eingerichtet sind. Zu foderst bey c ist ein Objectivglas eingesetzet. Eben im Focus dieses Objectivs ist ein auf Glas eingeschnittenes Netzlein b gestellet, welches den ganzen Sonnendiscus fasset. Am Ende bey a ist ein Converglas von einem nicht großen Focus.

433. Ist nun die Maschine, wie §. 431. ist gesagt worden, eingerichtet, und gerade zu gegen die Sonne gerichtet, so werden die von was immer für einem Puncte der Sonne auf das Objectiv c (Fig. LXI.) fallenden Stralen durch dasselbe also gebrochen, daß sie sich in der Entfernung der Focallänge wieder in einem Puncte vereinigen. Es wird also in eben dieser Entfernung der Focallänge, und folglich an eben dem Orte b des auf Glas eingeschnittenen Netzleins ein deutliches Bild der Sonne entworfen. Dieses Bild, samt dem Netzlein, auf dem es liegt, kann nunmehr als ein neues Object betrachtet werden. Wenn demnach dieses Sonnenbild eine größere Entfernung von dem darauf folgenden Converglase a hat, als dessen Focallänge beträgt, so werden die von einem jeden Puncte dieses Sonnenbildes ausfahrenden Stralen von diesem Glase a wieder so gebrochen, daß sie sich irgendwo hinter diesem Glase a auf ein neues vereinigen. Weil sie aber vor ihrer Vereinigung auf den Planspiegel aufstossen, so werden sie von ihm in die Höhe geworfen, daß also das zweyte Bild der Sonne samt dem Netzlein auf der matten Glastafel entworfen wird, wenn

anderst das erste Sonnenbild b eben jene Entfernung von dem Glase a hat, welche erfodert wird, damit das zweyte eben au dem Orte der Glastafel entstehe. Weil nun das convexe Glas a, und die Entfernung dieses Glases von der matten Glastafel immer die nämliche bleiben, so muß auch die Entfernung des Netzleins und des darauf entworfenen Sonnenbildes immer die nämliche seyn: und dessentwegen ist bey der zweyten Zugröhre schon durch einen schwarzen Ringe angezeiget, wie weit diese ausgezogen werden muß, damit das Netzlein eben die gehörige Entfernung vom Glase a habe. Eben so ist auf den andern Röhren bemerket, wie weit sie müssen ausgezogen werden, damit das Netzlein auch im Focus des bey e eingelegten Objectivs liege.

434. **Anmerkung.** Es siehet ein jeder, daß das zweyte auf der matten Glastafel entworfene Sonnenbild schon eine ziemliche Größe haben muß; denn das bey a eingesetzte Glas vertritt gleichsam die Stelle einer mikroscopischen Linse, und vergrößert das erste bey b entworfene Sonnenbild also, daß sich der Durchmesser des auf der Glastafel entworfeneu zweyten Bildes zu dem Durchmesser des bey b entworfenen ersten Bildes verhält, wie die Entfernung der matten Glastafel vom Glase a zu der Entfernung des ersten Bildes oder des Netzleins von eben diesem Glase a.

435. **Zweyte Anmerkung.** Weil die mit Diamant auf Glas gezogenen Linien undurchsichtig sind, und dem Licht keinen Durchgang gestatten, so müssen eben diese Linien des Netzleins auf der matten Glastafel sehr schwarz erscheinen.

Anmerkung. Damit der Observator von der Sonne Zeit der Beobachtung nicht zu sehr belästiget werde, so kann er über das Rohr h (Fig. LIV.) in welchem das Ocular enthalten ist, einen Pappendeckel, welcher Fig. LXVI. entworfen ist, mittels des Lochs L anstecken, welcher ihn denn von der Sonne genugsam beschitzen wird.

436. Es ist noch übrig zu zeigen, wie diese Maschine als ein distanzen Meßtubus kann gebraucht werden. Zu diesem Ende wird erstens die matt geschliffene Glastafel wieder herausgenommen, und an deren Stelle die Fig. LXII. entworfene Glasscala eingeleget: bey c Fig. LIV. ist das gewöhnliche Objectivglas eingeschraubet: der Deckel bleibt geschlossen.

437. Die Theorie dieses Werkzeugeuges vollkommen zu erklären, ist vor allem nöthig, daß ich die Fig. LXII. entworfene Glasscala und ihre Einrichtung umständlich beschreibe. Es wird eine nach Belieben angenommene Größe, etwan ein halber pariser Schuhe durchgezogene kleine Parallellinien in lauter gleiche sehr kleine Theile abgetheilet. Es ist willkührlich, wie groß man diese Theile, ich will sie Intervalla nennen, machen will. Man kann zum Exempel ein jedes Intervallum zwey pariser Scrupel groß machen, oder man kann jedem Intervallo nur einen pariser Scrupel geben, daß also ein jedes nur den zehenten Theil einer pariser Linie halte. Wenn die Scala auf die letzte Art eingetheilet ist, so wird die ganze Länge von 6 pariser Zollen hierdurch in 720 gleiche Theile abgetheilet seyn. Damit aber diese Intervalla leichter zu zählen sind, so wird jedes fünfte Intervallum durch eine etwas größere Linie bemerket, wie in der Figur selbst zu sehen ist. Ueberdas wird in der Mitte der Scala o, und auf jeder Seite die Anzahl der Intervallen von 50 zu 50 angeschrieben.

438. Wenn sich die Entfernung eines Objects von dem Objectivglase änderet, so änderet sich auch die Entfernung des hinter dem Objective gestalteten Bildes. Weiter entfernte Objecte gestalten ihr Bild näher bey dem Objective, und minder entfernte werden weiter hinter dem Objective entworfen. (§. 64.) Weil nun in dieser Maschine das Bild was immer für eines Gegenstandes immer am näm-

lichen Orte, nämlich eben auf der eingelegten Glasscala abgebildet werden muß, so mußte man eine Zugröhre b Fig. LV. anbringen, durch deren größere oder mindere Ausziehung das Bild immer auf die Glasscala gebracht werden kann, es mag das Object mehr oder weniger entfernet seyn. Damit aber die Zugröhre in jeder Verlängerung oder Ausziehung befestiget werden könnte, so hat man mehrere kleine Löchlein in Transversallinien eingebohret. In jenes Löchlein, welches bey jeder Ausziehung von der Face l abgeschnitten wird, stecket man eines von den Zäpflein m, n: wodurch die Maschine in dieser Ausziehung befestiget wird. Eben diese Löchlein laufen von 25 zu 25 pariser Scrupeln fort, daß also, wenn das Rohr um ein solches Löchlein weiter ausgezogen wird, die Maschine um 25 pariser Scrupel verlängeret wird.

439. Damit mann in jeder Stellung alsogleich wisse, wie weit das Objectivglas von der Glasscala oder von dem auf ihr entworfenen Bilde entfernet ist, oder was eines ist, wie groß bey einer jeden Beobachtung die Focallänge des Objects ist, so ist diese Entfernung oder Focallänge bey einem jeden Löchlein in Pariser Scrupeln angezeigt und angeschrieben. Wir wollen zum Exempel setzen, ihr hättet, um ein gewißes Object deutlich zu sehen, die Zugröhre so weit ausziehen müssen, daß das Zäpflein in dem mit 2880 bezeichneten Löchlein habe müssen eingestecket werden, so schließet ihr, die Focallänge des Objectivs sey in diesem Falle, oder in dieser Entfernung des Objects eben 2880 Pariser Scrupel groß, oder was eines ist, das Bild sey von dem Objective 2880 Scrupel entfernet.

440. Wann das Object, und das durch ein Objetiv gestaltete Bild desselben nicht gar zu groß ist, so ist dieses Bild dem Objecte wenigst bey nahe ähnlich. Wenn also

das Object eine gerade Linie ist, so ist auch sein Bild wenigst sehr nahe eine gerade und mit dem Object parallele Linie. Es sey A B (Fig. LXIII.) ein Object: D E ein Objectivglas: C dessen Mittelpunct: A C a die Achse des Puncts A, welche ungebrochen durchfährt, und in welcher alle vom Puncte A auf das Objectiv fallenden Stralen nach ihrer Brechung wieder vereiniget werden: B C b die Achse des Puncts B, welche ebenfalls ungebrochen durchfährt, und mit welcher alle aus dem Puncte B auf das Objectiv fallenden Stralen sich wieder vereinigen: F C f die Achse des mittlern Puncts F: a b endlich das Bild des Objects A B. Es wird dieses Bild, wenigst sehr nahe eine gerade mit A B parallele Linie seyn: die Triangel A C B und a c b, wie auch die Triangel A C F und a C f sind hiemit einander ähnlich. Folglich hat man folgende Proportion.

a b : A B : : f C : F C

Das ist, die Größe des Bildes verhält sich zur Größe des Objects, wie die Entfernung des Bildes vom Objective zur Entfernung des Objects von eben diesem Objective. Dieses alles vorausgesetzet, will ich zur Auflösung der Haubtaufgabe schreiten.

Aufgabe.

Durch Hilf dieser Maschine die Länge einer Linie messen.

441. **Auflösung.** Wir wollen setzen, die Linie O X (Fig. LXIV.) soll auf dem Felde mit dieser Maschine gemessen werden.

Stellet die Maschine an einem Ende O dieser zu mes-

senden Linie also, daß das Objectivglas ober dem Puncte O zustehen komme. An dem andern Ende X der zu messenden Linie stecke man einen Stab X P senkrecht ein, welcher oben mit einem zu rechten Winkeln gesetzten Querholz A B von einer genaubestimmten und bekannten Länge versehen sey. Wir wollen setzen das ganze Querholz halte genau 6. Schuhe. Man kann dieses Querholz, um selbes deutlicher sichtbar zu machen in mehrere Theile z. E. in 6 Schuhe abtheilen, derer einer weiß, der andere schwarz angestrichen ist.

Man schiebe das Rohr i, (Fig. LV) in welchem das Ocular gefasset ist, so lang aus oder ein bis die auf der Glasscala (Fig. LXII.) gezogenen Parallellinien dem Auge recht deutlich erscheinen. Man ziehle mit der Maschine auf das in X stehende Querholz AB und ziehe die Zugröhre so lang heraus, bis eben dieses Querholz dem bey dem Oculare angelegeten Auge recht deutlich erscheinet (man muß aber zugleich die ganze Maschine immer ein wenig zurückziehen, damit nämlich das Objectiv immer ober dem Orte O stehen bleibe) In dieser Stellung befestige man die Zugröhre, in dem man in das durch die Face l abgeschnittene Löchlein ein Zäpfchen einstecket.

Man bemerke auf das genaueste, wie weit sich das Bild des Querholzes auf der Glasscala erstrecke. Wir wollen setzen, es reiche auf der einen Seite bis zu dem 50ten, auf der andern Seite bis zum 49ten Intervalle. Addieret diese beyden Zahlen zusammen, so erkennet ihr, das Bild des ganzen Querholzes nehme 99 Intervalla ein, und sey folglich 99 Pariser Scrupel groß.

Suchet die Focallänge des Objectivglases, oder was eines ist, suchet die Entfernung des Bildes von dem Objective:

jective: suchet nämlich was für eine Zahl bey jenem Löchlein in der Zugröhre stehe, in welchem das Zäpfchen hat müssen eingesteckt werden. Alsdenn machet folgende Proportion:

Wie sich die Größe des Bildes verhält zur Entfernung des Bildes vom Objective, so verhält sich die Größe des Objects (nämlich des Querholzes) zur Entfernung des Objects, nämlich zur Größe der zu messenden Linia O X. In unserm Exempel wird die Proportion also stehen.

99 : 2880 :: 6 zur Länge der Linie O X.

folglich ist $OX = \frac{2880 \times 6}{99} = 174.5$ Schuhe.

442. Lasset uns jetzt untersuchen, wie viele Genauigkeit in Bestimmung einer Entfernung man sich in dieser Art zu messen versprechen kann.

Wir wollen setzen, Ihr hättet in Bestimmung der Intervallen, welche auf der Glasscala vom Bilde des Querholzes eingenommen werden, um den vierten Theil eines Intervalli gefehlet (einen größern Fehler wird ein genauer Observator nicht leicht begehen, weil die Intervalla durch das Ocularglas stark vergrößeret werden, und sehr deutlich und groß in die Augen fallen) daß also die vom Bilde des Querholzes eingenommenen Intervalla nicht 99 sonder nur $98\frac{3}{4}$ ausmachen. Es würde hiemit die oben angezeigte Proportion in diese veränderet werden

$98\frac{3}{4}$: 2880 :: 6 zur Länge der Linie O X. Oder wenn ihr den angehängten Bruch in Decimalzahlen ausdrücket,

98.

98.75:2880::6 zur Länge der Linie O X. Hieraus entstünde $OX = \frac{2880 \times 6}{98.75} = 175$ Schuhe.

Es hätte also ein Fehler von einem vierten Theile eines Intervalli einen Fehler eines halben Schuhes in Messung einer hundert fünf und siebenzig Schuhe langen Linie verursachet.

443. Man könnte aber diesen Fehler noch viel verringern, wenn man anstatt eines sechs Schuhe langen Querholzes, sich eines längern etwan von 10 Schuhen bediente. Freylich würde der Fehler wieder etwas beträchtlicher werden, wenn man sehr lange Linien etwan von 1000 oder noch mehr Shuhen auf diese Art messen wollte. Allein in diesem Falle kann man sich auf folgende Art helfen.

444. Nachdem man an dem Ende X. Fig. LXV. der zu messenden Linie einen Stab senkrecht eingestecket hat, so messe man zu beyden Seiten dieses Stabs in einer auf die zu messende Linie O X senkrechten Richtung eine 50 Schuhe lange Linie, welches ohne alle Beschwerniß durch eine einzige Ausspannung einer 50 Schuhe langen Kette geschehen kann. Man stecke beyderseits an den Enden y und Z einen Stab senkrecht ein, so wird die Linie Z y hundert Schuhe halten.

Nun ziele man nach dem in der Mitte stehenden Stab X eben wie zu vor §. 441. und bemerke genau auf was für Intervalla der Glasscala Fig. LXII. die Bilder der äußern Stäbe y und Z treffen. Wir wollen setzen, der eine treffe auf das 150ste Intervallum, der andere auf das 149ste. Addieret beyde in eine Summe: sie ist 299. Ihr

erken-

erkennet also, das Bild der Linie Z y nehme auf der Glasscala 299 Intervalla ein, und sey demnach 299 pariser Scrupel groß. Suchet die Focallänge des Objectivglases, das ist, sehet, was für eine Zahl bey jenem Löchlein stehe, in welches das Zäpfchen mußte eingestecket werden. Wir wollen setzen, es stehe 2855 dabey. Machet die oben §. 441. angezeigte Proportion. Sie wird in unserm Exempel also stehen

299:2855::100 zur Länge der Linie O X. Hiemit ist

$$O X = \frac{2855 \times 100}{299} = 954.8 \text{ Schuhe.}$$

445. Wenn wir abermal setzen, ihr habet in Schätzung der vom Bilde eingenommenen Intervallen um den vierten Theil eines Intervalli gefehlet, daß also die wahre Größe des Bildes nur $298\frac{3}{4}$ Scrupel betrage, so würde die Proportion also stehen.

$298\frac{3}{4}$:2855::100 zur Länge der Linie O X. Oder wenn ihr den Bruch in Decimalen ausdrücket

298.75:2855::100 zur Länge der Linie O X. Folglich entstünde

$$O X = \frac{2855 \times 100}{298.75} = 955.6 \text{ Schuhe.}$$

Es würde sich demnach der Fehler in Messung einer neun hundert und fünf und fünfzig Schuhe langen Linie nur auf 8 Zolle belaufen, welcher gewiß bey einer so großen Linie nicht beträchtlich ist.

446. Anmerkung. In unserm letzten Exempel nimmt das Bild der 100 Schuhe langen Linie 299 Intervalla

ein, oder, was eines ist, es ist 299 Scrupel, oder 2 Zolle und bey nahe 10 Linien groß. Es kann also durch das im Rohr i stehende Ocular nicht wohl auf einmal übersehen werden. Allein weil dem Oculare, welches auf dem krumm gebogenen Schieber steht, eine sehr sanfte Bewegung gegeben werden kann, so kann man dieses Ocular zu beyden Seiten sanft hin bewegen, bis man das Bild der Stäbe y und Z und die Intervalla, auf die sie treffen, deutlich siehet.

447. **Zweyte Anmerkung.** Ich habe oben gesagt, wenn man eine sehr große Linie durch Hilfe dieses Instruments zu messen gedenket, so soll man zu beyden Seiten des Stabes X Fig. LXV. eine 50 Schuhe lange Linie Z y messen, welche auf die zu messende Linie O X senkrecht stehe. Nun kann man diese senkrechte Stellung dieser Linie Z y zwar auf unterschiedliche Art erhalten: doch würde es vielleicht am leichtesten also angehen. Man befestige oben auf dem in X gesteckten Stabe eine gekreuzte Regel mit 4 zu rechten Winkeln gesetzten Spitzen r. s. t. v. Man hänge über diesen Stab den einen Ring der Meßkette, man richte ferner die zween Spitze r und t der Regel nach O als dem Stande der Maaschine. Man spanne die Kette nach der Direction der andern Spitze v und s, und stecke am andern Ende der ausgespannten Kette einen Stab. Eben so verfahre man auch auf der andern Seite: so wird man eine auf O X senkrecht stehende Länge von 100 Schuhen gemessen haben.

448. **Dritte Anmerkung.** Die jenigen, welche sich mit Feldmessen schon beschäftiget haben, wissen gar wohl wie große Schwierigkeiten sich dabey äußern, wenn ihnen ein unebener, oder mit Buschwerk und Gräben durchschnitte.

tener Boden zu messen fürkömmt. Sie wissen ebenfalls, wie leicht sich durch ungleiches Anspannen, oder gar durch schlangenförmiges Laufen der Meßkette einige beträchtliche Fehler einschleichen. Sie erkennen also zur Genüge, mit wie viel leichterer Mühe, und vielleicht mehrerer Genauigkeit sie zu ihrem Zwecke durch Hilfe dieser Maschine gelangen können, wenn sie nur bey dem andern Ende der zu messenden Linie so viel Raum finden, daß sie dort eine Grundlinie von etwan 100 Schuhen messen können: welche sich ja jederzeit viel leichter und genauer messen läßt als ein von 1000 und noch mehr Schuhen. Freylich ist auch dieses richtig, daß die Distanzen desto genauer gefunden werden, je größer die bey dem entgegen gesetzten Ziele gemessene Grundlinie ist.

Verzeichniß

einiger Druckfehler.

Blatt	Linie	anstatt	lies
38	14	divergierend	convergierend
92	18	—	— d
95	11 und 23	§.	§. 97. 98 und 100.
95	27	§.	§. 89.
99	11	cornea	(sclerotica) die Hornhaut (cornea)
111	22	2	$\frac{2}{3}$
151	25	nöthiget	nöthig
161	1	780.007	78.007
163	16	676364	67.6364
190	7	Fig. XXXI.	XXXII.
230	2	$\frac{IF}{FU}$	$\frac{IF}{IU}$
232	20	$x\ \beta$	$\alpha\ x\ \beta$
236	3	V	x V

Einige kleine Fehler, welche im Drucke noch eingeschlichen sind, wird der Leser selbst zu verbessern wissen.

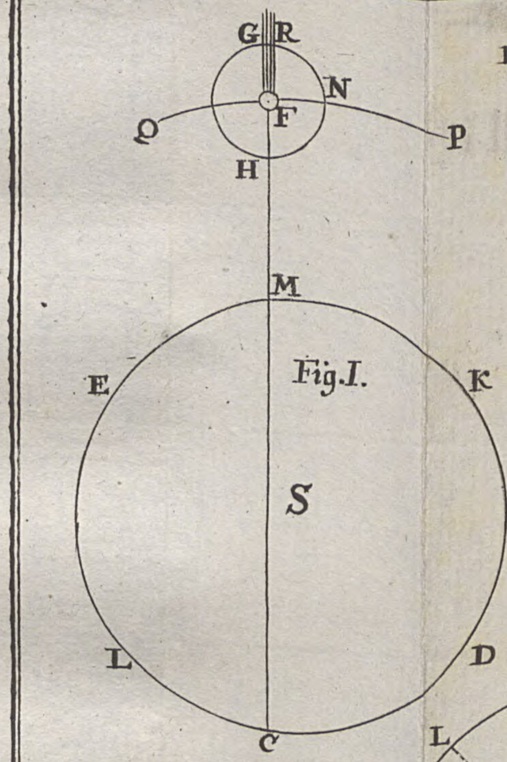


Fig.I.

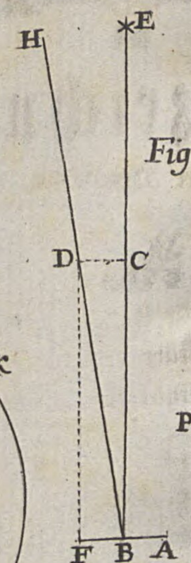
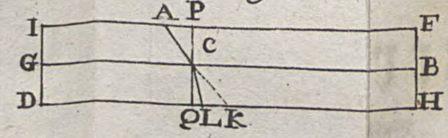


Fig.II.

Fig.III.



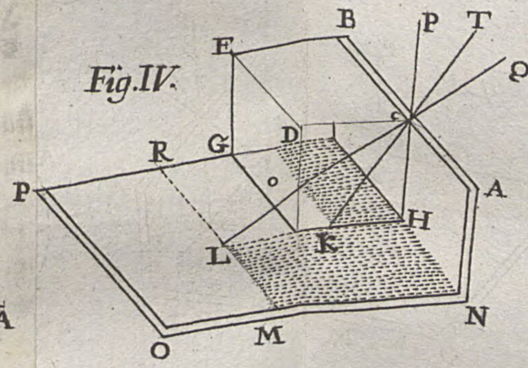


Fig.IV.

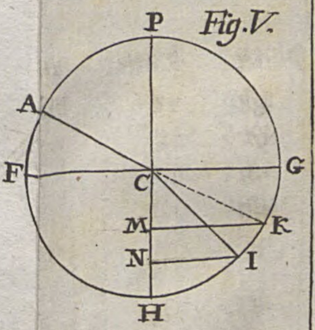


Fig.V.

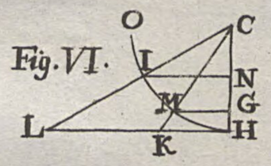
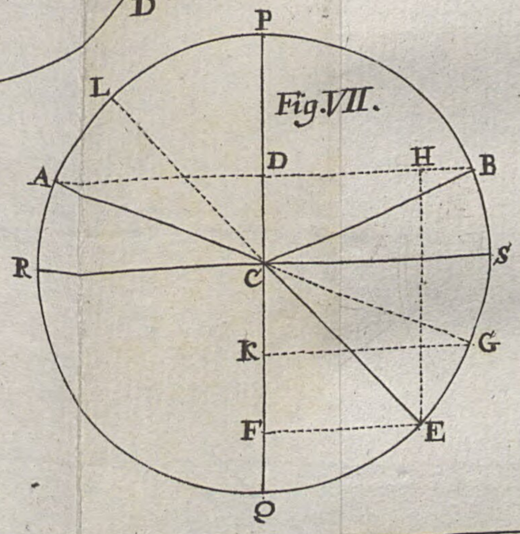


Fig.VI.



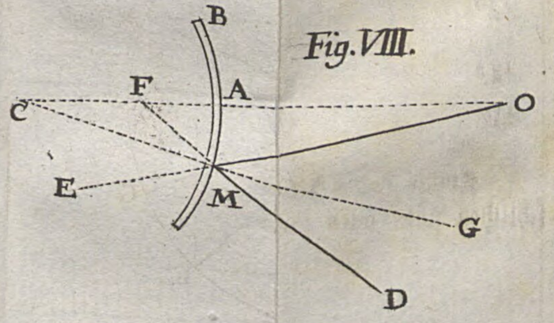


Fig. IX.

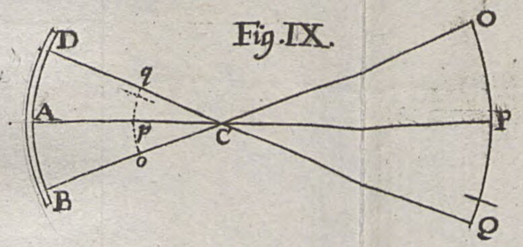


Fig. X.

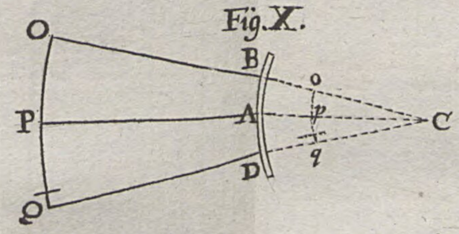


Fig. XI.

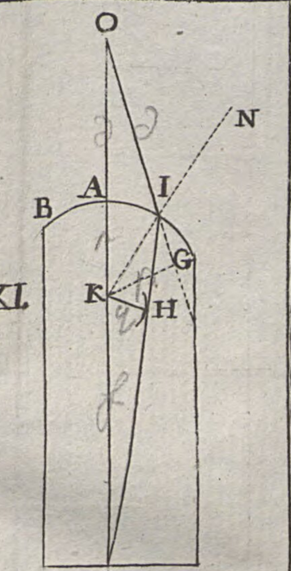


Fig. XII.

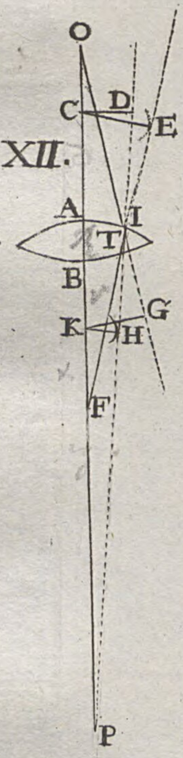


Fig. XIII.

Fig. XIV.

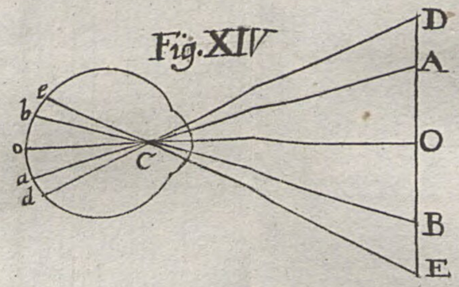


Fig. XV.

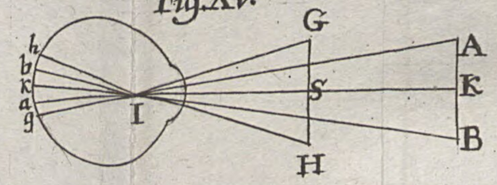


Fig. XVI.

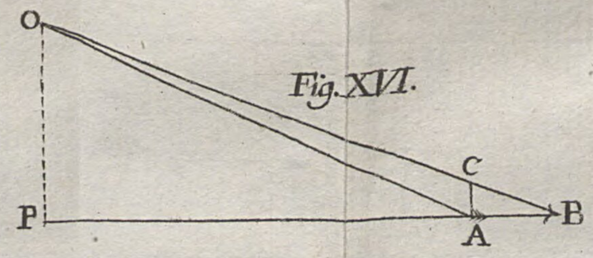


Fig. XVII.

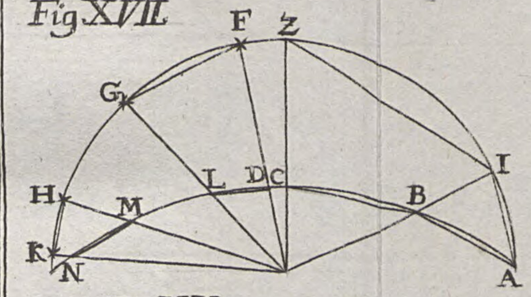


Fig. XVIII.

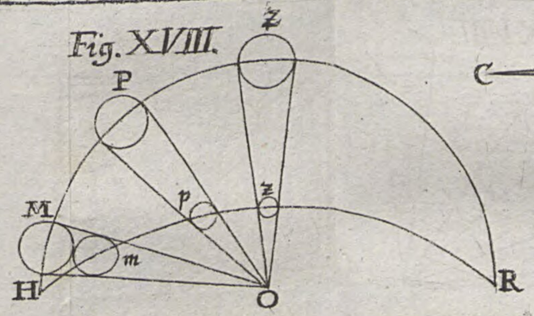


Fig. XIX.

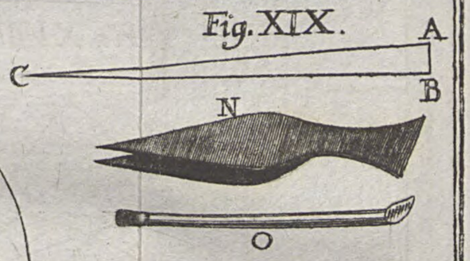


Fig. XX.

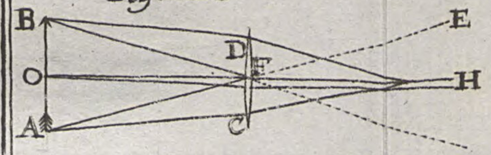
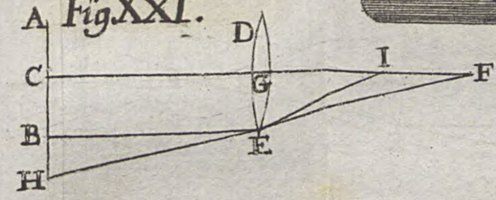


Fig. XXI.



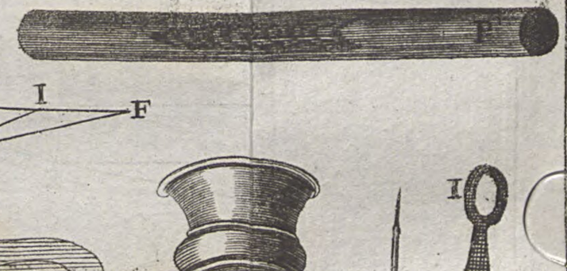
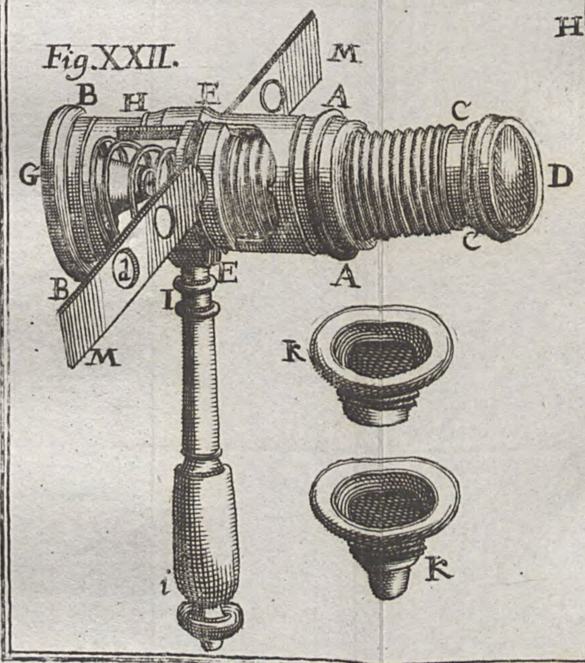


Fig. XXII.



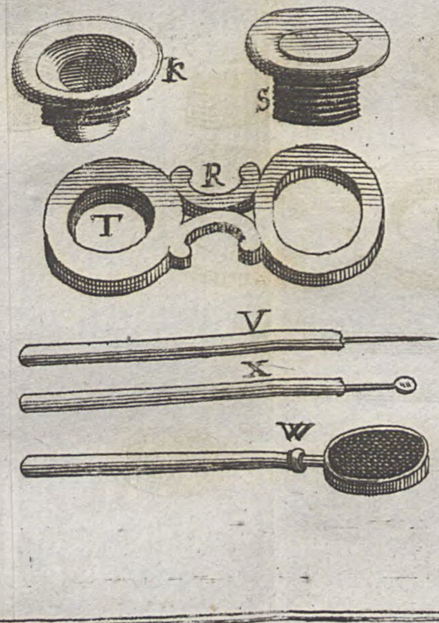


Fig. XXIII.

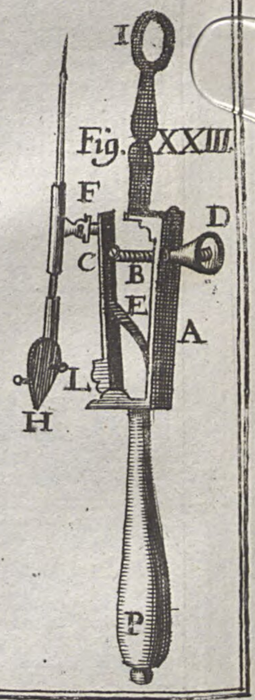


Fig.XXIV.

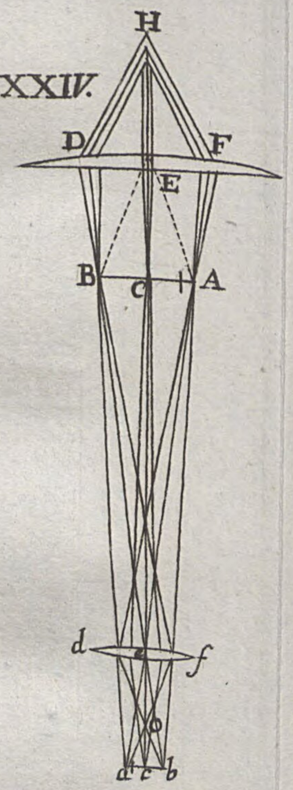


Fig.XXV.

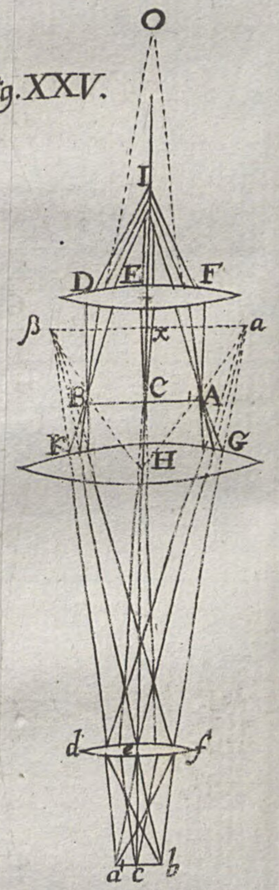


Fig.XXVI.

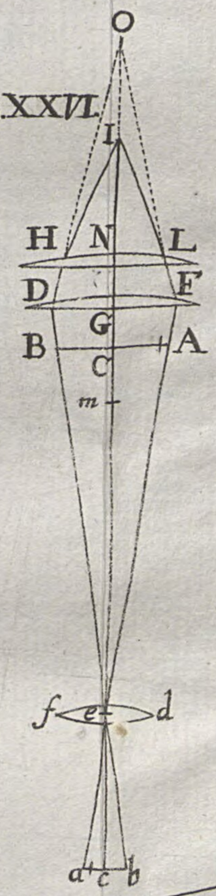


Fig.XXVII.

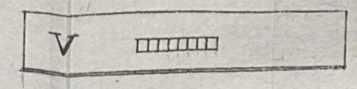
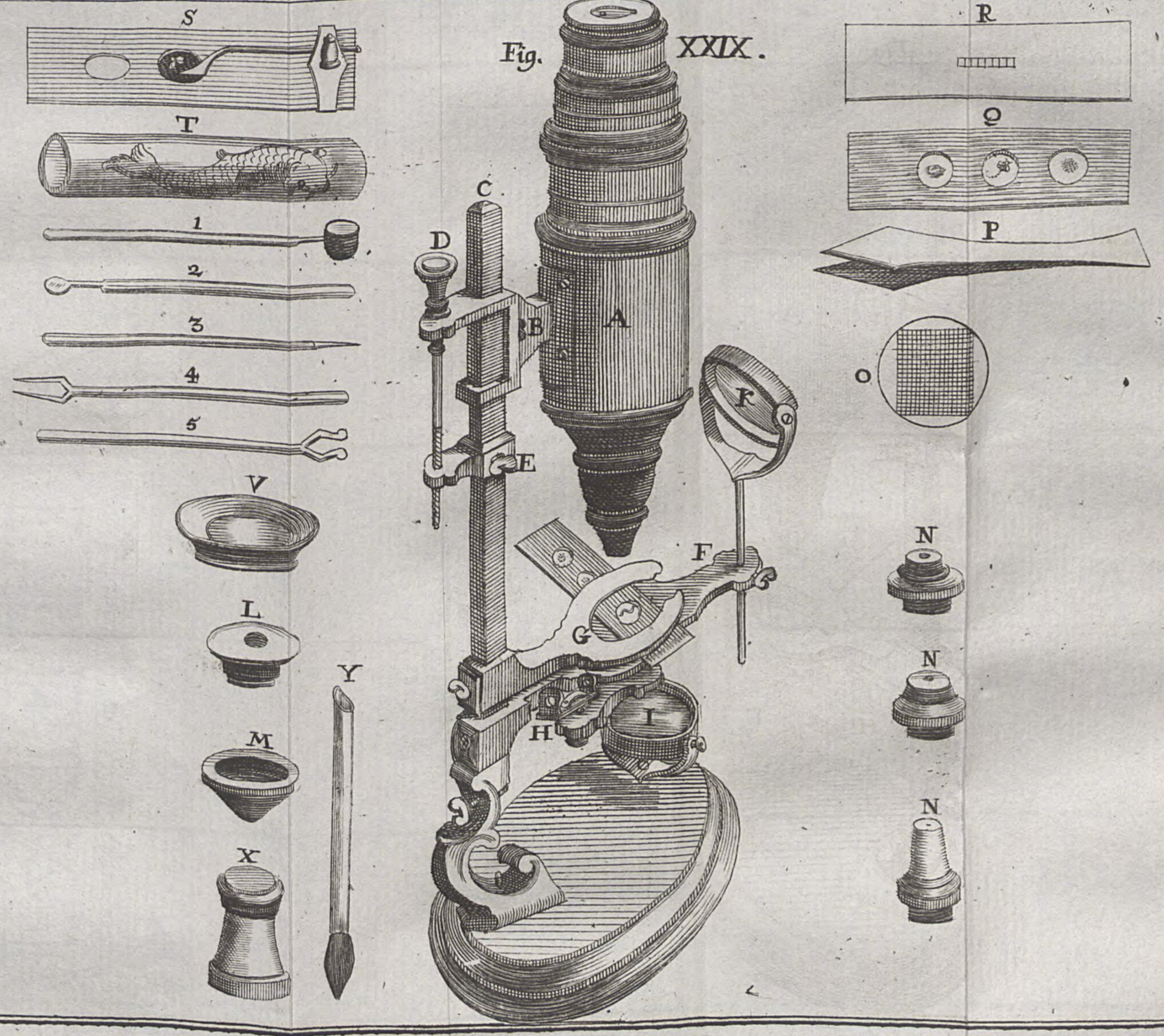


Fig.XXVIII.

Fig. XXIX.



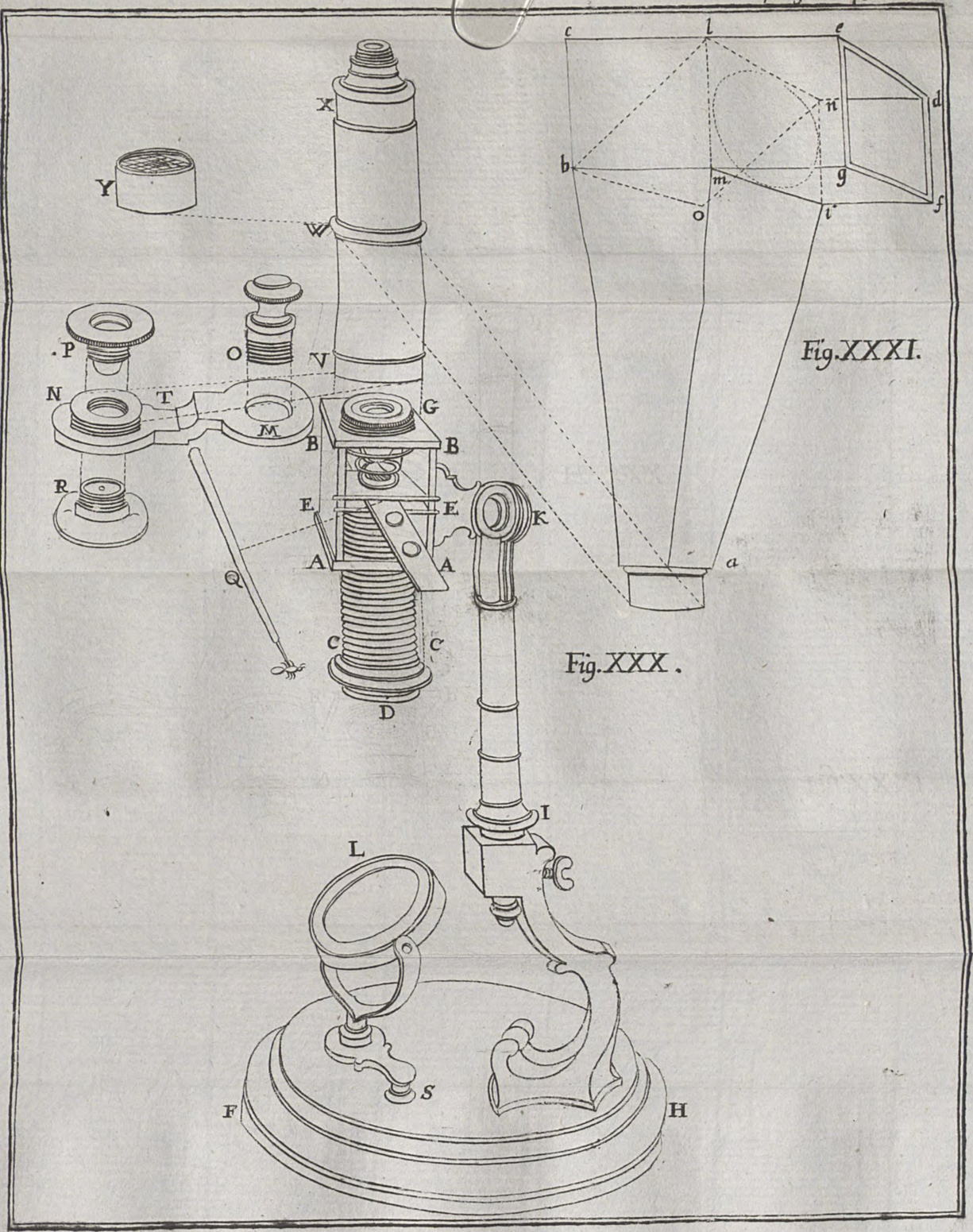


Fig. XXXI.

Fig. XXX.

Fig. XXXII. n 2.

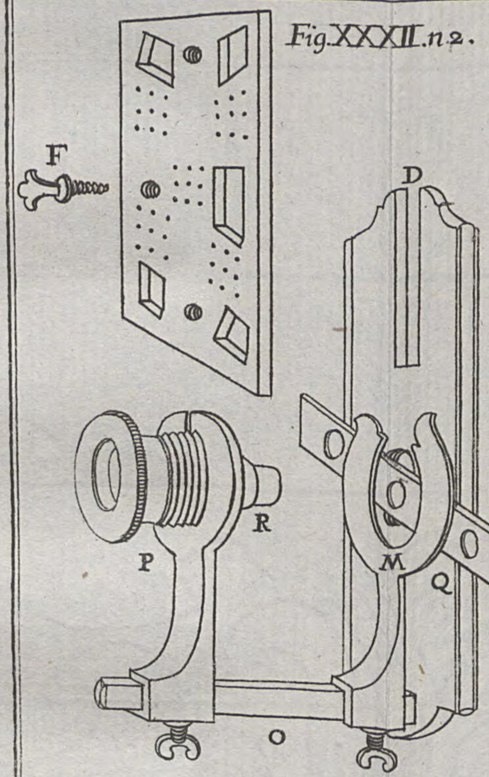
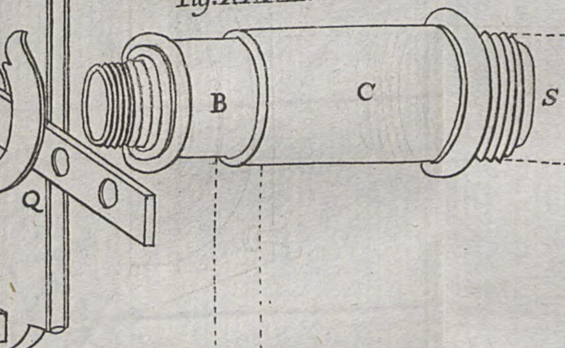
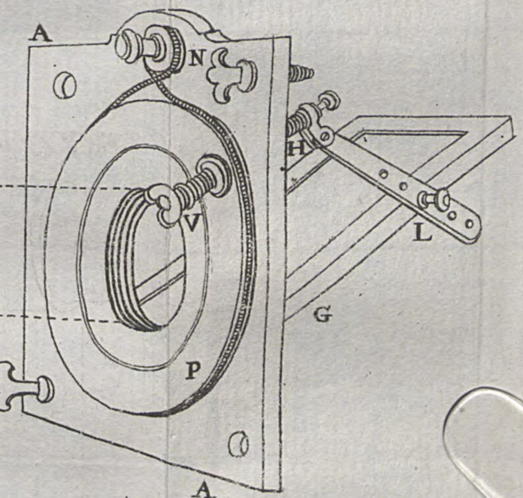


Fig. XXXII.





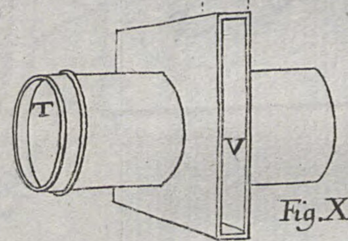
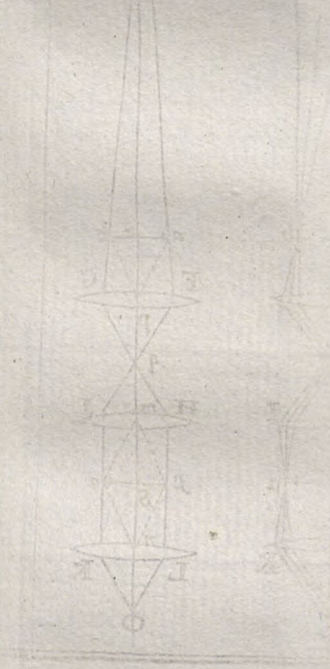
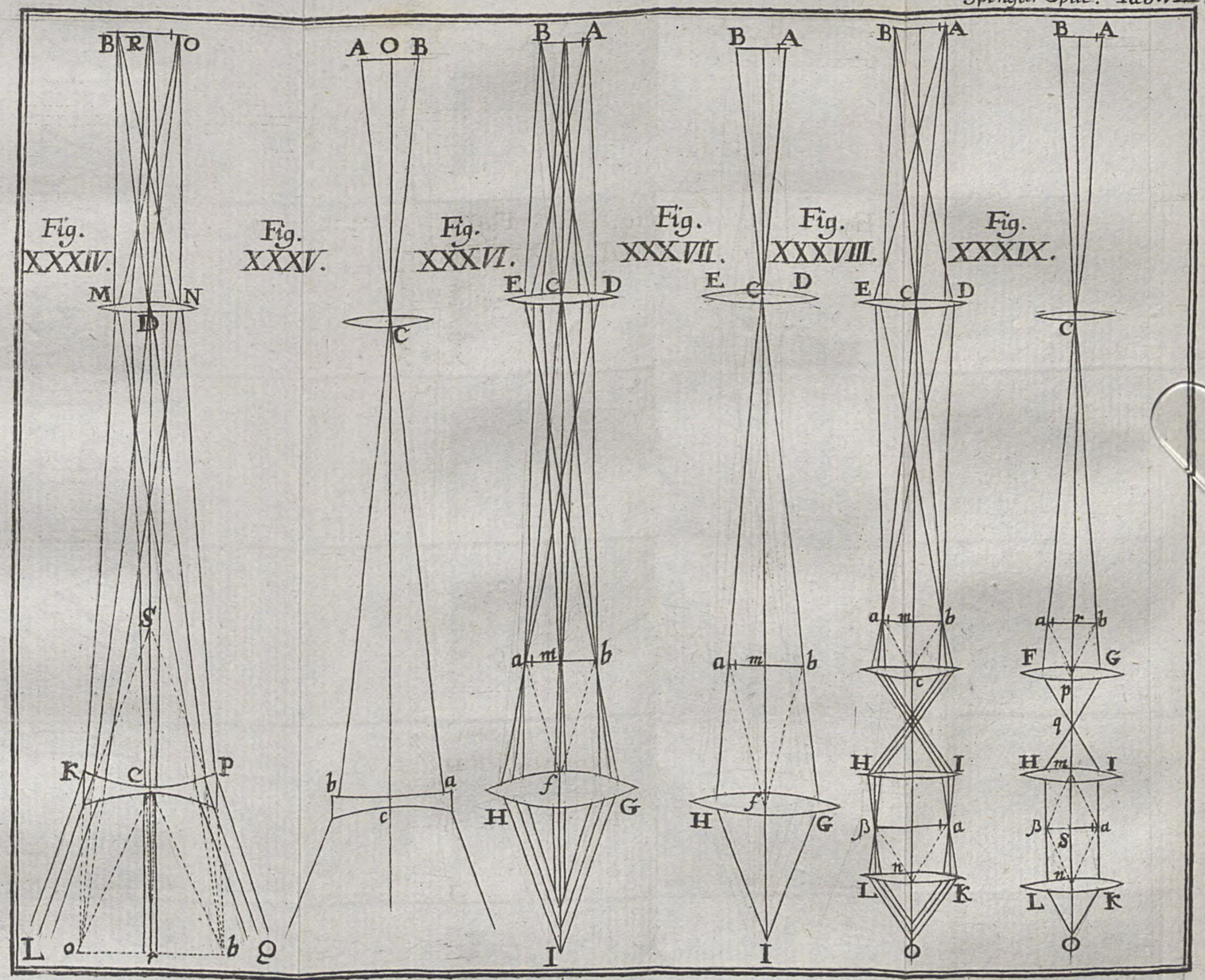


Fig. XXXIII.




B R O
M N
D
S
K C P
L o b Q
Fig. XXXIV.
A O B
C
b a
c
Fig. XXXV.
B A
E C D
a m b
f
H G
I
Fig. XXXVI.
B A
E C D
a m b
f
H G
I
Fig. XXXVII.
B A
E C D
a m b
c
H I
β a
n
L K
Φ
Fig. XXXVIII.
B A
E C D
a r b
F G
p
q
H m I
β S a
n
L K
Φ
Fig. XXXIX.

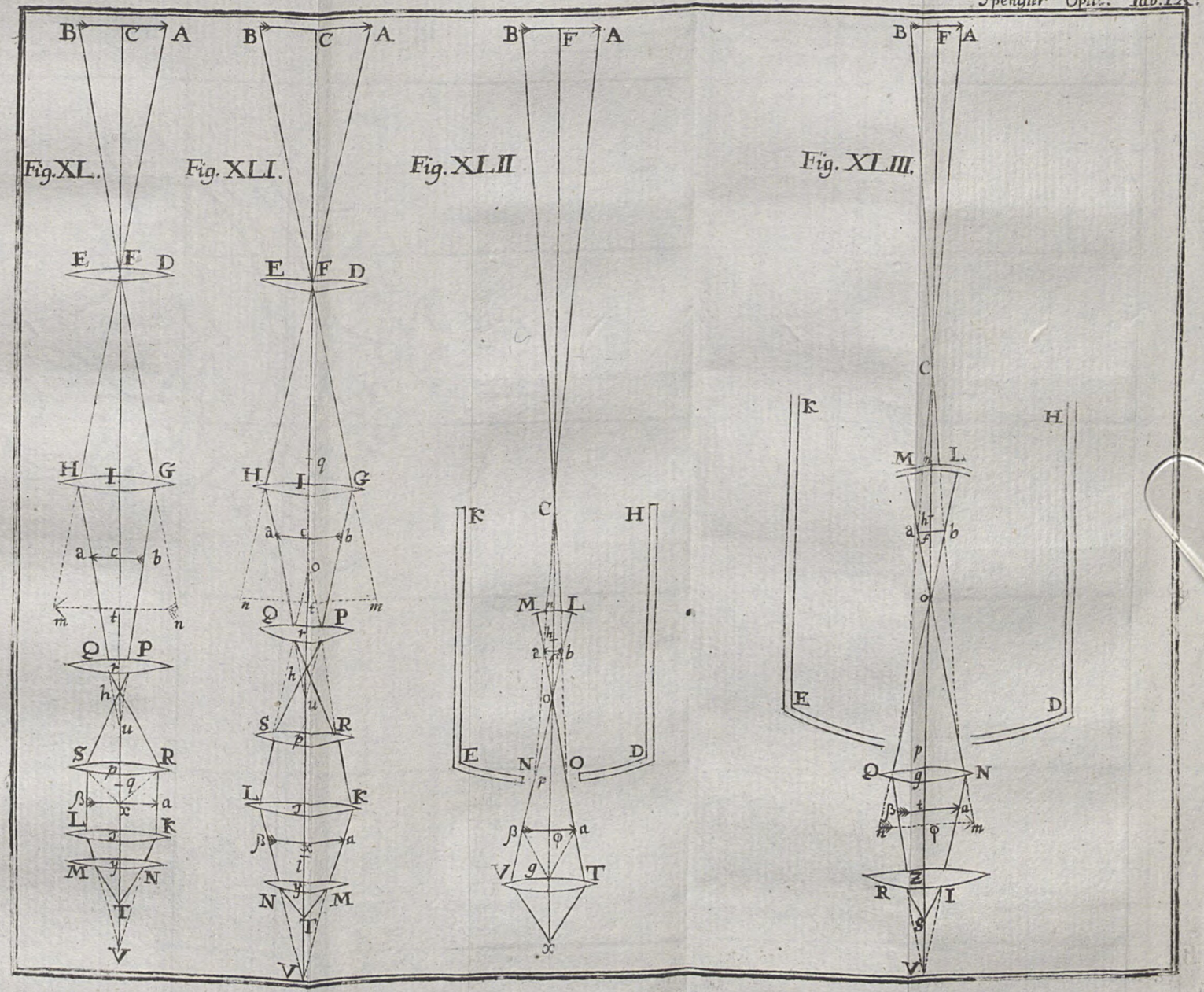


Fig. XL.
Fig. XLI.
Fig. XLII
Fig. XLIII.
B C A
E F D
H I G
a c b
m t n
Q P r
h u
S R p q
β x a
L K s
M y N
T V
o
n
f
i
z
g
K C H
M n L
E N O D
p
V g T
x
F
k
Z
R S I
φ

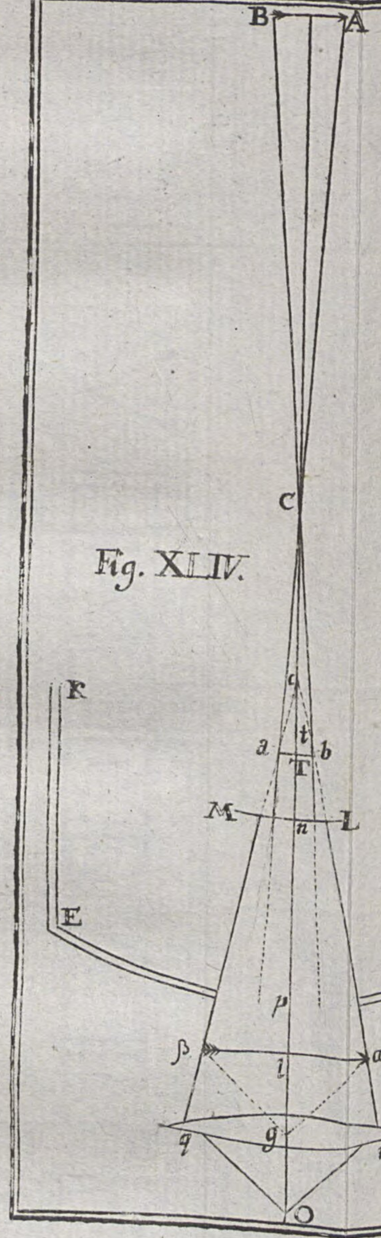


Fig. XLIV.

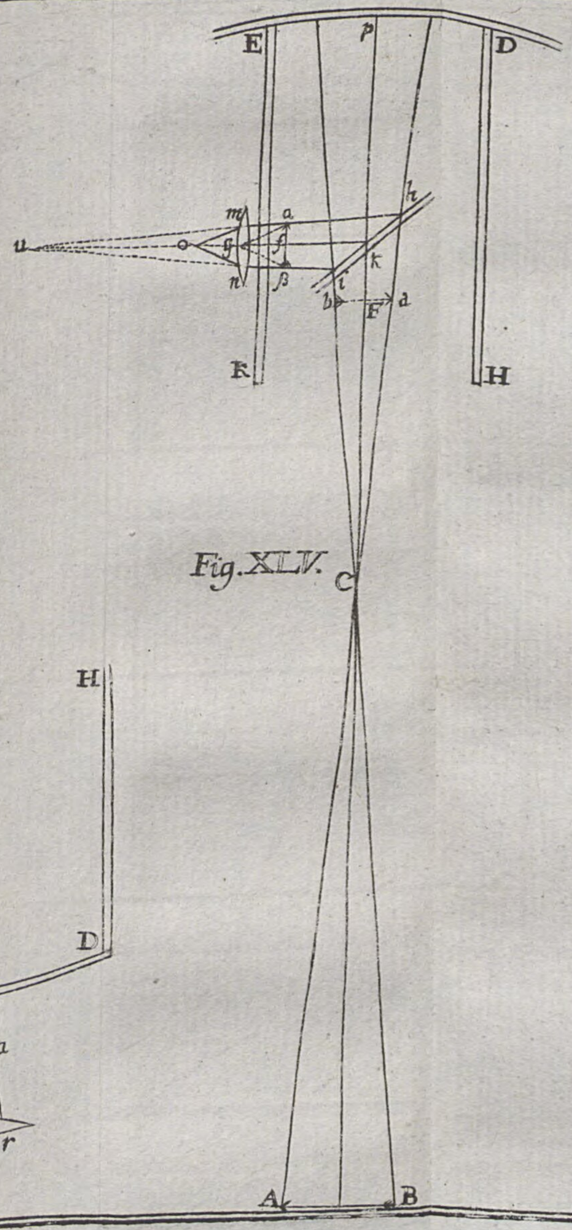


Fig. XLV.

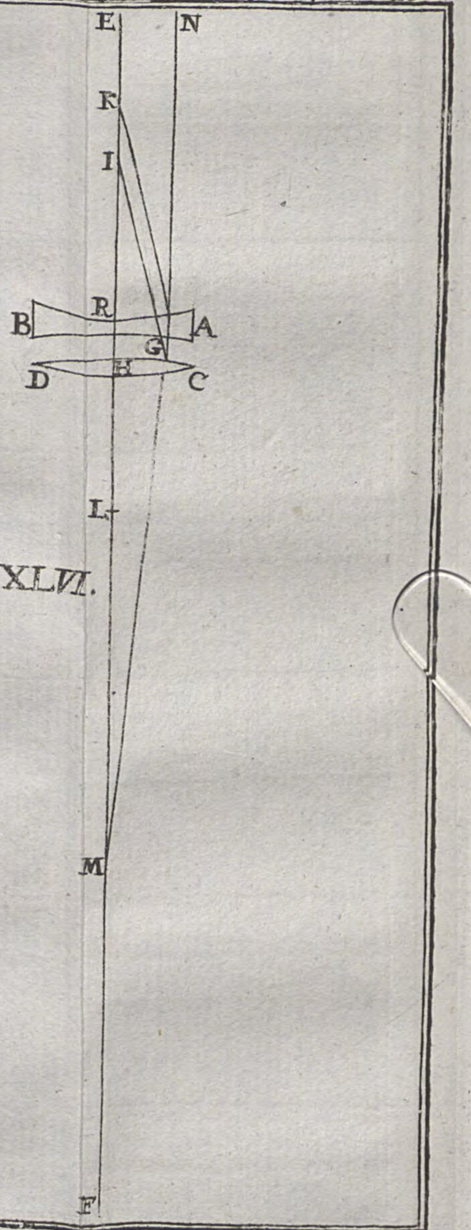


Fig. XLVI.

Fig. XLIX.

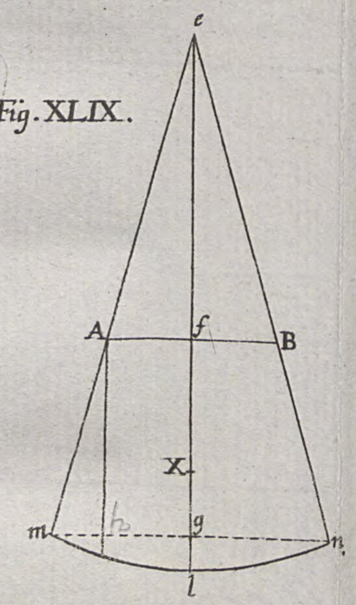


Fig. XLVII.

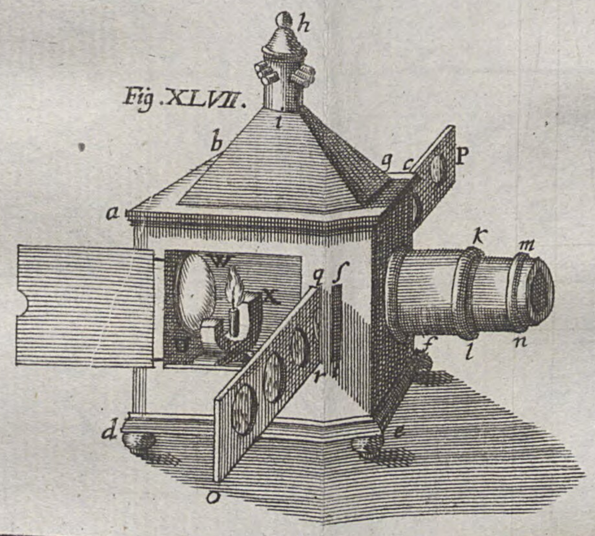


Fig. XLVIII.

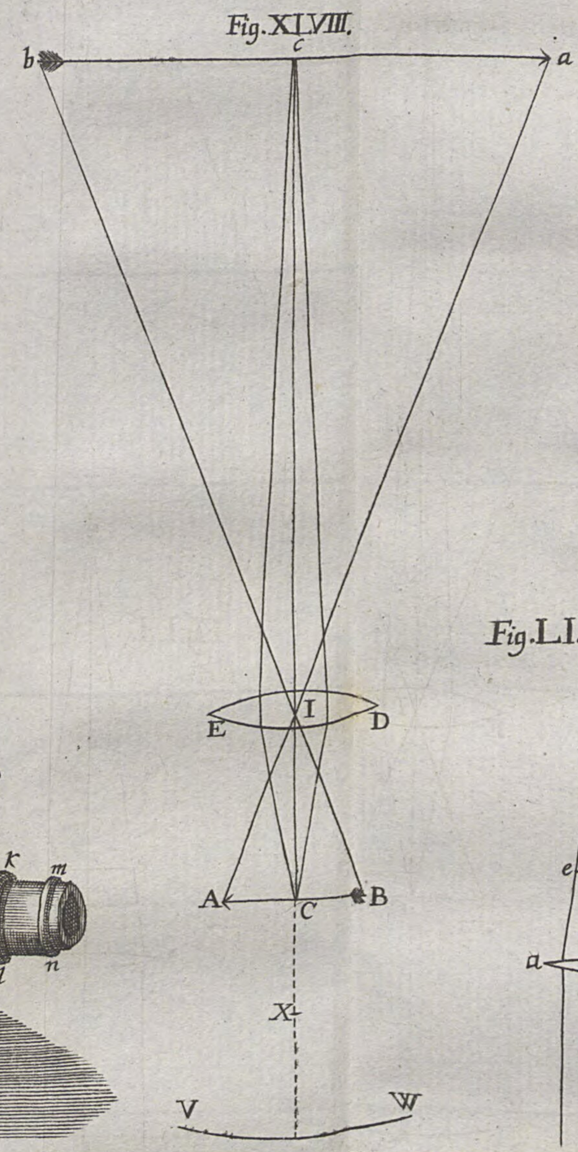


Fig. L.

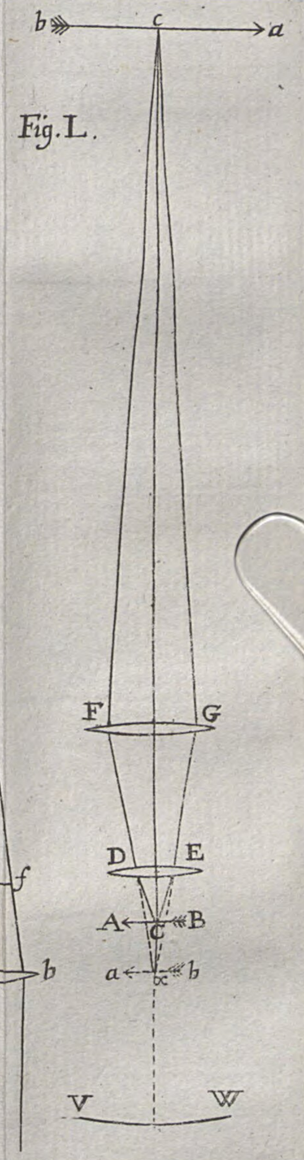


Fig. LI.

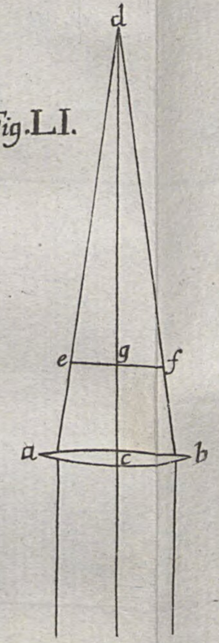


Fig. LIII.

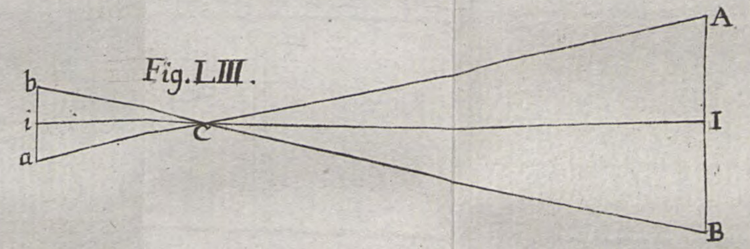


Fig. LII.

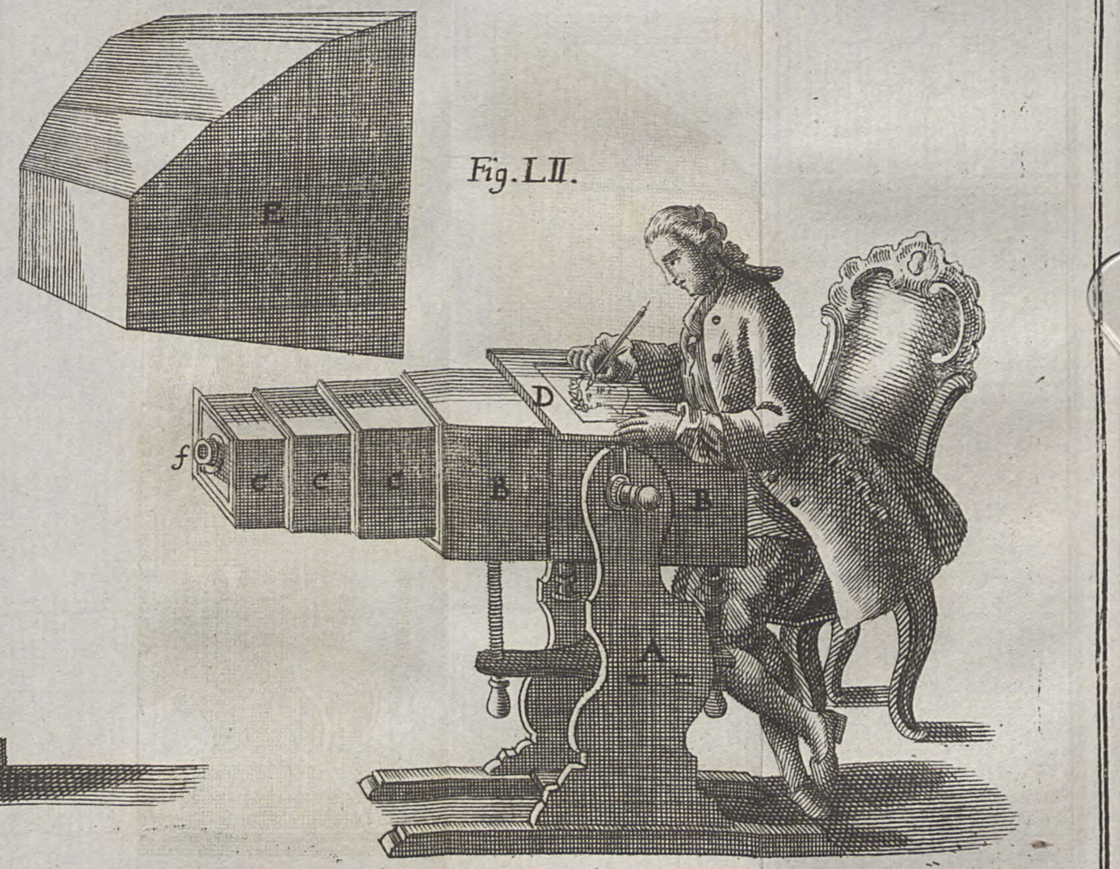


Fig. LVI.

Fig. LIV.

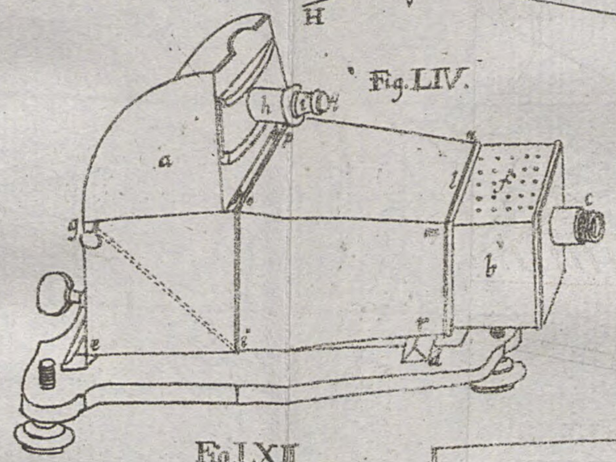


Fig. LV.

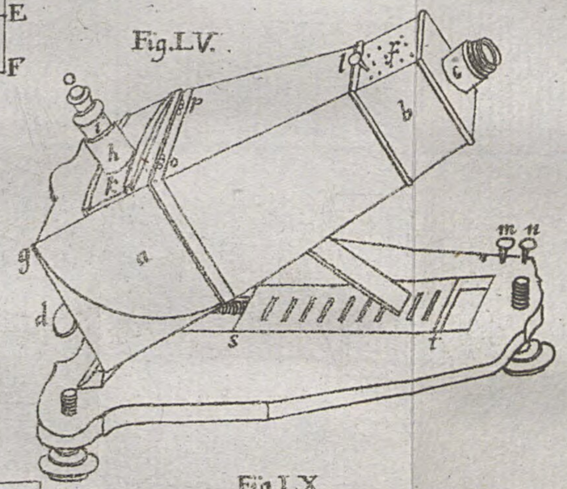


Fig. LXII.

Fig. LXVI.

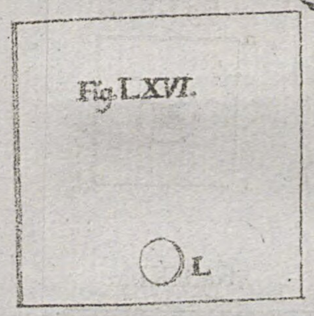


Fig. LX.

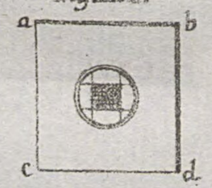
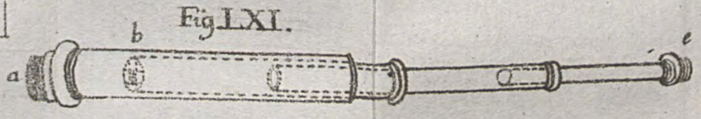
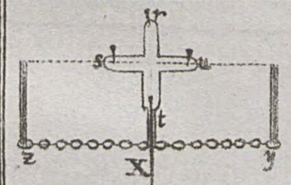


Fig. LVIII.

Fig. LIX.

Fig. LXI.





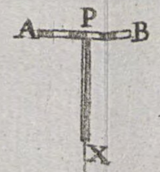


Fig. LXV.

Fig. LXIV.

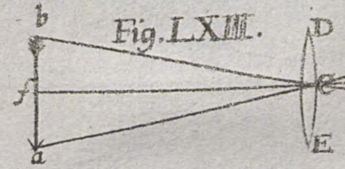


Fig. LXIII.

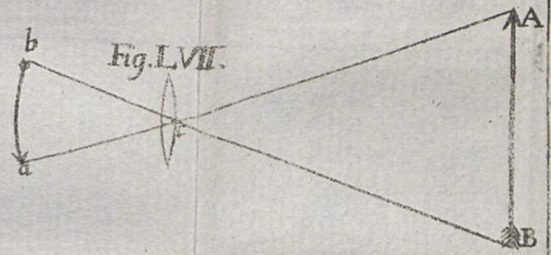
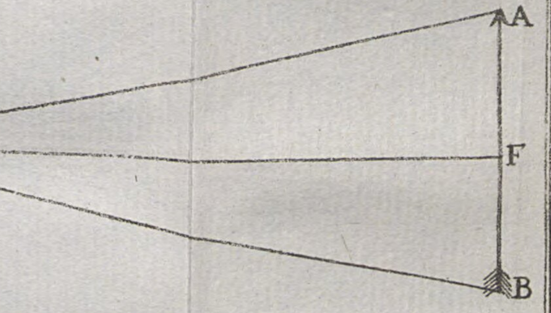


Fig. LVII.



142

2

07-ONF

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Spengler, Joseph,

Optick Catoptrick und Dioptrick in Zween Theilen Der erste Enthält die allgemeinen Grundsätze dieser Wissenschaften: Der Andere Giebt hinreichenden Unterricht von der Verfertigung, dem Gebrauche und den Vortheilen fast aller optischen Instrumente; Als der einfachen und zusammengesetzten Mikroscope, des Sonnenmikroscops, der holländischen, astronomischen und gemeinen Fernrohren, der dollondischen Fernrohren, der

Augsburg 1775

Math.a. 221
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10081160-0
VD18 12014745